

Universidad de Costa Rica
Sistema de Estudios de Posgrado

Propuesta de Zonificación Territorial ante Susceptibilidad a
Deslizamientos en el Distrito Monterrey de San Carlos.

Trabajo final de investigación aplicada sometido a la
Consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en
Geología para optar al grado y título de Maestría Profesional en Gestión del
Riesgo en Desastres y Atención de Emergencias

JUAN CARLOS ROBLES ROJAS

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2019

Dedicatoria

A mis papás; Juan Ulises Robles Araya y Luz Marina Rojas Castro, quienes han trabajado hasta el cansancio y han dado su mayor esfuerzo a través de los años para ofrecernos educación a cada uno de sus cinco hijos.

A mi esposa Josée Roy por apoyarme en cada instante y en cada momento, bonito o difícil, siempre has estado ahí para impedir que me rinda.

A mi hijo Noah, que viene en camino. No has llegado aún y desde ya sé, que haría lo que fuera por ti.

A mis hermanos; Ana Luz, Alejandro Ulises, Pablo César y Silvia Elena, por apoyarme y enseñarme durante estos casi, veinte y seis años de vida.

Agradecimientos

A la Universidad de Costa Rica por permitirme cumplir mi sueño de ser profesional, sin la ayuda tan completa que me brindó en todos los sentidos nada de esto hubiera sido posible.

A mi colega Mario Fernández Arce, quien, durante prácticamente todo mi viaje universitario, ha estado ahí para apoyarme y brindarme una mano cada vez que la necesité, una persona a la cual tengo la dicha de poder llamar amigo.

A cada uno de los profesores y compañeros con los que he compartido, de todos ellos aprendí.

“Este trabajo final de investigación aplicada fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Geología de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Profesional en Gestión del Riesgo en Desastres y Atención de Emergencias”



Dr. Marco Barahona Palomo

Representante del Decano Sistema de Estudios de Posgrado



Dr. Mario Fernández Arce

Profesor Guía



M.Sc. Elena Badilla Coto

Lectora



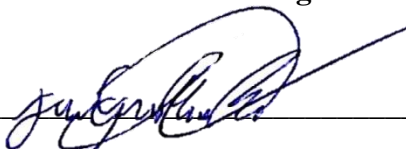
M.Sc. María José Chaves Groh

Lectora



M.Sc. Giovanni Peraldo Huertas

Representante del director del Programa de Posgrado



Juan Carlos Robles Rojas

Sustentante

Tabla de contenido

Portada	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Hoja de aprobación	iv
Tabla de contenido	v
Resumen	viii
Índice de figuras	ix
Índice de cuadros	x
Índice de gráficos	x
Introducción.....	1
Justificación.....	2
Antecedentes.	4
Planteamiento del problema.....	8
Objetivos.....	9
• Objetivo General:	9
• Objetivos específicos:	9
Marco teórico.....	9
El desarrollo rural a partir de las condiciones físicas, sociales y económicas del entorno.	10
Percepción del riesgo.	11
La susceptibilidad a deslizamientos.....	13
Ordenamiento del territorio y zonificación del riesgo.....	15
Marco metodológico.....	17
Diagnóstico biofísico y socio productivo:.....	20
Descripción de la percepción del riesgo:.....	20
Identificación de la susceptibilidad a deslizamiento:	22
Propuesta de zonificación territorial de riesgos potenciales de deslizamientos:	24

I. Caracterización biofísica y socio productiva de Monterrey de San Carlos.	26
Características físicas	27
Clima y precipitación:	27
Hidrología:	27
Suelos:	32
Geología:	36
Características socio productivas	40
Actividades productivas:	40
Demografía y sociedad:	43
II. Descripción del escenario de susceptibilidad a deslizamientos a partir de la percepción de riesgo local y del análisis geoespacial.	45
Percepción del riesgo:	46
Contexto de los poblados.	46
Amenazas identificadas.....	49
Discusión de la percepción del riesgo.	56
Evidencias del conocimiento local del riesgo.	62
Susceptibilidad a deslizamientos:	66
Parámetro de susceptibilidad por litología (S_L):.....	67
Parámetro de susceptibilidad por humedad del suelo (S_h):	68
Parámetro de susceptibilidad por Pendientes (S_p):.....	70
Parámetro de disparo por intensidad sísmica (D_s):.....	73
Parámetro de disparo por intensidad de lluvias (D_{ll}):.....	74
Susceptibilidad a deslizamientos (A_d):.....	76
III. Propuesta de zonificación territorial ante susceptibilidad a deslizamiento.	85
Zonas de protección absoluta (susceptibilidad media y alta a deslizamientos).....	91
Zona de protección de ribera de río (15 y 50 m).	91
Zona de ganadería de carne.....	92
Zona exclusiva para desarrollo urbano/Infraestructura y Zona mixta urbano- ganadero.....	92
Zona ganadería de leche.....	93
Zona de cultivos con restricción.....	94
Zona mixta ganadera-agrícola.....	95
Conclusiones.....	98

Limitaciones.....	101
Recomendaciones.....	102
Anexos.....	104
Referencias	108

Resumen

En este trabajo de investigación se buscó responder a la problemática de la carencia distrital de herramientas y propuestas de ordenamiento territorial que contemplen el peligro por deslizamiento, para la búsqueda del desarrollo rural. De esta forma, se abordó adecuadamente la amenaza de deslizamientos y el problema que podría representar para el distrito de Monterrey de San Carlos. Para lograrlo se realizó, en primera instancia, un diagnóstico de las características biofísicas y sociales con el motivo de conocer las cualidades del área de estudio. En segundo lugar, se identificó la susceptibilidad a deslizamientos mediante la opinión de cuatro vecinos del distrito, que fueron escogidos por ser actores clave en los principales poblados, y la utilización del método Mora & Vahrson (1992). Finalmente, se planteó una zonificación rural territorial ante el peligro de deslizamientos a partir de los resultados obtenidos en los dos pasos anteriores, como forma de optimización del uso de la tierra y las capacidades de desarrollo de los habitantes de Monterrey de San Carlos. La propuesta realizada evidencia la necesidad de contar con más información especializada que permita tomar decisiones adecuadas en las temáticas de planificación del espacio y gestión de los riesgos, así como para el correcto funcionamiento de las actividades económicas, las cuales son primordiales en el engranaje económico del distrito.

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación del distrito de Monterrey	19
Figura 2. Hidrología del distrito Monterrey	29
Figura 3. Subcuencas que abarcan el distrito Monterrey	31
Figura 4. Tipos de suelo del distrito de Monterrey	33
Figura 5. Pendientes del distrito de Monterrey	35
Figura 6. Litología del distrito de Monterrey	39
Figura 7. Ganado de Leche y de Carne en Monterrey de San Carlos	40
Figura 8. Uso del suelo del distrito de Monterrey	41
Figura 9. Catarata el salto en Pataste de Monterrey y Banco de Costa Rica.....	43
Figura 10. Zonas que presentan amenaza a deslizamiento según Percepcion.....	50
Figura 11. Trabajos de limpieza de la carretera.	51
Figura 12. Deslizamiento en carretera y vivienda con peligro de deslizamiento.	51
Figura 13. Croquis de percepción donde observan coronas de deslizamientos.....	53
Figura 14. Área de desbordamiento del río Purgatorio	54
Figura 15. Deslizamientos percibidos y ubicados	55
Figura 16. Detalle de la litología del distrito de Monterrey	67
Figura 17. Detalle de la reclasificación de la litología	68
Figura 18. Distribución de las estaciones ADIFORT, Pocosol y San Jorge.	69
Figura 19. Detalle espacial de los valores acumulados de índices de precipitación.	70
Figura 20. Detalle del factor Pendiente interpolado.....	71
Figura 21. Clasificación de Pendientes.	72
Figura 22. Resultado de la susceptibilidad al multiplicar pendiente, litología y humedad.	72
Figura 23. Detalle de la intensidad sísmica para el sismo de 1911 Guatuso.....	73
Figura 24. Reclasificación de la intensidad sísmica.....	74
Figura 25. Parámetro reclasificado de intensidad de lluvias	75
Figura 26. Valores paramétricos para el factor de disparo (Disp).....	76
Figura 27. Aplicación de la formula con sus valores paramétricos.....	77
Figura 28. Susceptibilidad a deslizamientos del distrito Monterrey	78
Figura 29. Mapa integrado susceptibilidad a deslizamientos del distrito Monterrey.....	80
Figura 30. Comparación zonas susceptibles y uso del suelo.....	82
Figura 31. Zonificación Rural territorial basada en la amenaza a deslizamientos	90
Figura 32. Zonas de protección de los ríos según Ley Orgánica del Ambiente 1995	91

Figura 33. Sector norte del distrito y su zonificación Ganadería de carne y Mixta	92
Figura 34. Sector central del distrito y su zonificación Urbana y Mixta.....	93
Figura 35. Sector sureste del distrito y la zonificación Ganadera de leche	94
Figura 36. Sector oeste del distrito y su zonificación Agrícola con restricción	94
Figura 37. Sector este del distrito y su zonificación mixta: Agrícola-Ganadera.....	95
Figura 38. Posibles rutas de interconexión entre áreas protegidas.....	99

Índice de cuadros

Cuadro 1. Principales líderes comunales de Monterrey	21
Cuadro 2. Datos climáticos del distrito Monterrey	27
Cuadro 3. Cuadro resumen aspectos relevantes de las entrevistas.....	64
Cuadro 4. Detalle de la clasificación de susceptibilidad por tipo de litología	67
Cuadro 5. Detalle de la reclasificación de los valores acumulados de índices de precipitación	69
Cuadro 6. Reclasificación de Pendientes	71
Cuadro 7. Clasificación de la intensidad de lluvias.....	75
Cuadro 8. Reclasificación de los resultados para la susceptibilidad final.....	77
Cuadro 9. Posibles pérdidas económicas según áreas de alta susceptibilidad	83

Índice de gráficos

Gráfico 1. Flujo metodológico	25
Gráfico 2. Gráfico de distribución de los principales cultivos en hectáreas.....	42
Gráfico 2. Distribución de población por distrito.....	44
Gráfico 3. Distribución de población femenina y masculina del distrito de Monterrey	44



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

SEP Sistema de
Estudios de Posgrado

Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.

Yo, Juan Carlos Robles Rojas, con cédula de identidad 207180263, en mi condición de autor del TFG titulado Propuesta de zonificación Territorial ante susceptibilidad a deslizamientos en el distrito Monterrey de San Carlos.

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI ☒ NO * ☐

*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: _____ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kervá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE:

Nombre Completo: Juan Carlos Robles Rojas

Número de Carné: B154 76 Número de cédula: 207180263

Correo Electrónico: Juank17@Yahoo.es

Fecha: 19 septiembre 2019 Número de teléfono: 8708-5196

Nombre del Director (a) de Tesis o Tutor (a): Mario Fernández Arca

FIRMA ESTUDIANTE

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kervá.

Introducción.

Costa Rica es un país ubicado en el istmo centroamericano, una zona de constante actividad volcánica, sísmica y que presenta características hidrometeorológicas específicas dentro del continente americano. Estos componentes lo colocan como un territorio de multiamenazas a las cuales gran parte de la población se encuentra expuesta. La precipitación anual promedio del país ronda los 1 700 mm y específicamente en el distrito de Monterrey alcanza en promedio los 4 500 mm (IMN, 2017), lo que sumado a la existencia de zonas con pendientes pronunciadas y a procesos de sobre pastoreo y deforestación, resulta en áreas eventualmente susceptibles a deslizamiento.

Por lo anterior, el problema básico que motiva el trabajo es que de materializarse el potencial de deslizamiento en el área de Monterrey podría provocar pérdidas de vidas humanas, económicas y ambientales, las cuales afectarían el desarrollo global del territorio. A pesar de ello, no existen evaluaciones de dicho potencial ni zonificaciones de las áreas más propensas a deslizarse.

Mediante la caracterización del contexto biofísico de Monterrey y sus condiciones socio productivas, el modelado de las zonas con potencial susceptibilidad a deslizamiento utilizando el método Mora-Vahrson (1992) y el trabajo con los actores clave de las comunidades se hará el planteamiento de una microzonificación básica, tomando en cuenta el término de desarrollo rural territorial a partir de la gestión de la vulnerabilidad y el conocimiento de la susceptibilidad, así como también las características socioeconómicas del área. Esta será una herramienta base para el ordenamiento y el desarrollo futuro del distrito.

Para lograr el objetivo se aplicó una entrevista a vecinos y líderes comunales de Monterrey para conocer su percepción del riesgo por deslizamiento. Para la caracterización biofísica del medio y de las condiciones socio productivas, se recurrió a revisión bibliográfica y a datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) y del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), entre otros. Finalmente, se aplicó la metodología Mora-Vahrson (1992), la cual incluye las pendientes del terreno (Mora & Saborío, 2018), datos de lluvia, geología,

sismicidad y humedad del suelo, para estimar la susceptibilidad a deslizamiento de las laderas del distrito.

Es por ello que se pretende proponer una zonificación rural territorial que contemple el peligro al deslizamiento al que podrían estar expuestas las actividades económicas y la población del distrito. De este modo se espera lograr un diagnóstico biofísico y social del distrito que resuelva el vacío de información en temáticas de Gestión de Riesgo y planificación del área, una caracterización de la percepción de los actores clave ante la susceptibilidad al deslizamiento y sus posibles pérdidas económicas, su comparación con la susceptibilidad real del distrito y sus poblados ante esta amenaza y finalmente, la generación de una zonificación rural territorial ante peligro de deslizamientos para el distrito, basada en la herramienta de la cartografía participativa y técnica. Los mapas generados tendrán escala de representación 1:50 000.

La zona norte de Costa Rica, específicamente el área en cuestión, a pesar de la relativa facilidad de acceso ha sido poco investigada a través de los años por los investigadores de distintas áreas (geógrafos, geólogos, áreas sociales, etc.). Es por ello que la información de carácter biofísico, meteorológico e incluso social es muy escasa a ciertas escalas y detalles. Se cuenta con datos necesarios para la realización de la metodología descrita pero, sin duda alguna, sigue siendo una limitación por considerar para futuros proyectos en la zona.

Justificación.

Según González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo (2002):

Los deslizamientos son movimientos de masas de suelo o roca que se deslizan, moviéndose relativamente respecto al sustrato, sobre una o varias superficies de rotura netas al superarse la resistencia al corte de estas superficies, la masa generalmente se desplaza en equilibrio hacia el pie de la ladera. Los deslizamientos pueden ser de una sola masa que se mueve o pueden comprender varias unidades o masas semindependientes (p. 49). Este tipo de remoción en masa se podría clasificar en dos tipos: deslizamientos rotacionales y deslizamientos de traslación (Suárez, 1998).

También, Peraldo et al. (2012) explican, que:

Un deslizamiento es una masa de suelo o roca, o ambos, que se desliza con respecto a una zona estable a través de una o varias superficies de ruptura que pueden ser desde planos de buzamiento o diaclasas, hasta planos de fallas. Estos movimientos repentinos o lentos generan pérdidas desde el punto de vista económico, transformaciones en el espacio y personas afectadas, a causa de los daños materiales o humanos. Además, desde el punto de vista psicológico, un deslizamiento convierte la situación normal en anormal. Estos eventos provocan cambios en la memoria histórica de los pobladores, retrayendo vivencias pasadas que, al no ocurrir durante muchos años, crearon sensaciones de falsa seguridad y aumentaron la vulnerabilidad, así como también, en el paisaje del área (p.25). Estos dos aspectos son de gran relevancia pues inciden directamente en la cotidianidad de las comunidades.

En esta área el peligro a deslizamientos se prevé como el de mayor potencial de generar daños o consecuencias negativas a la población; es por ello que para efectos de este estudio se trabaja únicamente sobre ella y se deja de lado, por ahora, otras amenazas que podrían afectar la zona en menor medida.

Por tanto, en un área geográfica como Monterrey de San Carlos, en donde la precipitación anual duplica el promedio nacional (IMN, 2017), presenta áreas con pendientes en todo el distrito que van desde 3% hasta más de 75% (ver figura 5) y una coyuntura de crecimiento poblacional y económico (BCIE, 2015), se vuelve esencial la inserción de los criterios que aporta la gestión de riesgo a la evaluación de las amenazas, así como también, el ordenamiento territorial a la planificación ambiental y social del distrito. Sin duda alguna, la ocurrencia de un deslizamiento significaría pérdidas en las actividades sociales y económicas y, por tanto, un freno en el desarrollo humano.

De esta forma, se denota la importancia de trabajar las áreas con susceptibilidad a deslizamiento o de remoción en masa desde un enfoque integral, es decir, tomando en cuenta la interacción de todos los elementos naturales o antrópicos que coexisten en un área y sus posibles consecuencias negativas o positivas.

Esto permite la toma de decisiones enfocadas a la mitigación y/o prevención del riesgo ante los procesos de remoción en masa existentes en Monterrey y ante posibles futuros desarrollos acelerados de infraestructura, los cuales podrían ser planificados desde una zonificación territorial previa, considerando los factores de riesgo presentes.

Clark (2012) menciona que:

Desde una perspectiva del desarrollo, la reducción del riesgo de desastres por deslizamientos y otros, es vital para construir un futuro más equitativo, sostenible y planificado, para lo cual es necesario lograr que las inversiones en prevención y preparación sean fomentadas desde los gobiernos locales (p.122).

Sin embargo, es necesario entender que la responsabilidad de la gestión del riesgo de desastres no es únicamente labor de los tomadores de decisiones y técnicos sino que debe incluir a los pobladores, instituciones públicas, privadas, gobiernos, entre otros, por lo que el trabajo comunal de planificación rural territorial se vuelve una opción más que viable desde la gestión del riesgo ante deslizamientos.

Antecedentes.

Son de vital importancia los estudios realizados sobre el diagnóstico biofísico y situacional del cantón de San Carlos, la susceptibilidad de deslizamientos, así como su relación con la gestión local del riesgo y el ordenamiento rural del territorio, pues funcionan como base para una eventual propuesta de zonificación que contemple las condiciones reales del área de estudio. Los más importantes en este caso son: Rodríguez (2010), Plan de desarrollo Distrital de Monterrey (2014-2024), Plan de desarrollo Cantonal de San Carlos (2014-2024), Acosta (2005), Peraldo (2005), Proyecto MARLAH II (2007), Suárez, Peraldo, Badilla y Obando (2009), Suárez (2009), Servicio Geológico de México (2011), Picado (2011), Reyes (2012), Peraldo, Badilla, Camacho, Morera, Chávez y Valverde (2012) y Barahona, Méndez, Domínguez, Velásquez, Jiménez, Faustino (2008) y Sjöbohm (2013).

Rodríguez (2010) realiza una serie de caracterizaciones físicas y geográficas para los distritos de San Carlos, centrándose principalmente en el relieve, la vegetación, clima, precipitación, conservación, servicios, dejando entredicho la importancia de conocer el territorio que se habita.

En el Plan de Desarrollo Cantonal de San Carlos (2014-2024) y en el Plan de Desarrollo Distrital de Monterrey (2014-2024) se realizaron también una serie de caracterizaciones de las condiciones biofísicas del espacio, caracterizaciones sociales y de servicios básicos que se expresan a lo largo del cantón. De forma más escueta se desprende una descripción de los distritos, entre ellos Monterrey de San Carlos.

Acosta (2005) explica que:

El concepto de "construcción social" asociado con los riesgos y como esta construcción históricamente se relaciona de forma particular con dos conceptos interesantes, la percepción y la vulnerabilidad. La autora reconoce que cada forma de organización social está dispuesta a aceptar o evitar determinados riesgos, que los individuos están dispuestos a aceptar riesgos a partir de su adhesión a una determinada forma de sociedad (p.21).

Peraldo (2005) menciona que:

La geografía, desde la percepción, analiza una determinada área desde las potencialidades y debilidades que posee el espacio geográfico y a partir de allí, se busca lograr un equilibrio entre el desarrollo y el ambiente en aras de la reducción del riesgo, planteando una reestructuración de las políticas de desarrollo socioeconómico. Por ello es que las distintas visiones y percepciones de sus pobladores, juegan un papel importante en la toma de decisiones locales, referidas al ordenamiento territorial y al riesgo (p.5).

El proyecto MARLAH II (2007) se centró en la creación de una *Guía para la gestión local de riesgo por deslizamientos* que pretende, mediante la ayuda de la cooperación alemana, fortalecer las capacidades en los procesos de gestión local de riesgo por medio de la asistencia técnica, creando proyectos de prevención y mitigación de desastres a lo largo de la cuenca trinacional del río Lempa, en las fronteras de Honduras, El Salvador y Guatemala. El

proyecto en sí constituyó una herramienta para la transferencia de los conocimientos en el nivel local por técnicos y líderes comunitarios sin dejar de lado las instancias técnico-científicas del nivel nacional.

Suárez et al. (2009) realizaron un inventario de deslizamientos y un análisis detallado, con énfasis en la identificación de las morfologías relacionadas con los movimientos en masa, con el fin de hacer un análisis preliminar de la susceptibilidad a deslizamientos y proponer una zonificación ante la amenaza en la cuenca en estudio. Los autores resaltan la importancia de la geomorfología del terreno para el establecimiento de zonificaciones territoriales.

Suárez (2009) plantea que al ser los deslizamientos uno de los eventos más recurrentes en el territorio nacional, junto con las inundaciones, es necesario el establecimiento de zonificaciones de riesgo. Para ello propone un diálogo bilateral de saberes de los “expertos” y de representantes de las comunidades de Puriscal. Mediante la identificación de las zonas con peligro de deslizamiento y el trabajo con las comunidades se buscó la mejora de la gestión local comunitaria.

El Servicio Geológico de México (2011) creó el *Atlas de Riesgos del Estado de Tamaulipas*, en el que se estimó las zonas con mayor peligro de deslizamiento. Para ello se abarcaron dos etapas de trabajo: la primera se centró en el reconocimiento en campo de zonas con deslizamientos activos y extracción de muestras del terreno como suelo y roca, para luego, en una segunda etapa, realizar una modelación mediante Sistemas de Información Geográfica, utilizando datos de precipitación, pendiente, humedad y otros factores que influyen en la eventual inestabilidad de las laderas (p. 14). De esta forma logran espacializar, mediante cartografía, las áreas de mayor peligro a deslizamientos.

Picado (2011), en su artículo científico llamado *Técnicas para medir riesgos de deslizamientos*, publicado en la revista de Ciencia y Tecnología de Universidad de Costa Rica, aborda la problemática de deslizamientos desde el punto de vista interdisciplinario, integrando las ciencias que, en su entendimiento, se requieren para lograr un análisis efectivo de los potenciales riesgos de un deslizamiento (p. 9). Con la participación de profesionales

de diversas áreas como geología, geografía, ingeniería, arquitectura y disciplinas de las Ciencias Sociales como psicología, sociología, trabajo Social y economía se plantea el nuevo abordaje de riesgos.

Reyes (2012) implementa la metodología Mora-Vahrson (1993) para la identificación de las zonas con susceptibilidad a deslizamientos, integrando factores intrínsecos que podrían generar la amenaza como el relieve relativo, la litología y la humedad del suelo, con factores externos, llamados factores de disparo que corresponden a la actividad sísmica y la intensidad de las lluvias. De esta forma pudo integrar el factor de amenaza en el cálculo total del riesgo para crear una zonificación para el cantón.

Peraldo et al. (2012) realizaron una descripción, mediante reconocimiento de campo y fotointerpretación, del área compleja de remoción en masa de San Antonio de Pascua, en el cantón de Siquirres, Provincia de Limón. Interpretaron que futuros procesos de remoción afectarían infraestructura, producción primaria y otras actividades importantes de la zona. Aun cuando es una población rural podría tener un proceso de desarrollo acelerado debido a los cambios que provocaría la construcción de un proyecto hidroeléctrico de gran tamaño por parte del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), por lo que se vuelve necesario prevenir un desarrollo desadaptado a las características adversas del medio.

Barahona et al. (2013) señalan la importancia del estudio temprano de las zonas de deslizamiento como factor base para la gestión del riesgo. Abordan el tema en tres etapas básicamente: la primera se centra en la realización de los estudios geológicos necesarios, así como la aplicación de la metodología Mora-Vahrson para la identificación de los posibles deslizamientos. En segundo lugar, se realizan un análisis de la vulnerabilidad de los poblados del distrito de Tres Equis para valorar la condición de exposición física principalmente y los daños de la infraestructura y, en último lugar, realizan las respectivas indicaciones o señalamientos en pro de la mejora de la gestión del riesgo y el ordenamiento territorial del distrito.

Finalmente, Domínguez et al. (2008) plantean los principios básicos para la realización de zonificaciones ambientales con carácter de ordenamiento territorial. En ellas, los autores

plantean la necesidad de identificar áreas con características homogéneas para ser delimitadas en macrozonas. Este zonaje responderá a distintos factores como lo pueden ser condiciones de relieve, características sociales y económicas o simplemente aspectos culturales similares. Estos elementos, apoyados en las bases del ordenamiento territorial, permiten zonificar los espacios para un uso más efectivo.

Planteamiento del problema.

La problemática que se pretende abordar es la carencia cantonal y distrital de herramientas y propuestas de ordenamiento territorial que contemplen aspectos de la gestión del riesgo para la búsqueda del desarrollo rural y así abordar de forma adecuada el peligro de deslizamientos y el problema que podría representar para el distrito de Monterrey de San Carlos. Investigando dentro de la Municipalidad del cantón, no se encuentran planes y estrategias que contemplen el desarrollo rural desde la perspectiva de la gestión del riesgo y aún menos desde el análisis de riesgo sectorial, como el que se pretende realizar en el distrito.

Monterrey de San Carlos posee un Plan de Desarrollo Distrital (2014-2024), en el que se puede evidenciar la inexistencia de la temática de la gestión de riesgos en el análisis. El Plan de Desarrollo Cantonal de San Carlos (2014-2024) tampoco evidencia la necesidad de contar con análisis integrales sobre las amenazas del cantón y sus posibles impactos al desarrollo y crecimiento buscado. Por ello surge la pregunta de investigación **¿Cómo aportará una zonificación rural territorial ante amenaza de deslizamientos a la planificación y los procesos de Gestión del Riesgo en el distrito de Monterrey de San Carlos?**

La forma planteada de atacar el problema identificado y responder a este cuestionamiento es mediante el estudio de las capacidades y debilidades del territorio que se expresan en las características biofísicas y socio productivas del espacio. Además, se realiza el modelado de las áreas potenciales de deslizamiento que afectarían las actividades productivas, agropecuarias y la vida cotidiana, como insumo principal para proponer una zonificación rural territorial ante amenaza de deslizamiento, como punto de partida para la gestión distrital.

Objetivos.

- **Objetivo General:**
 - Proponer una zonificación rural territorial ante susceptibilidad a deslizamiento para mejorar la planificación del distrito Monterrey de San Carlos, mediante la gestión del riesgo local.
- **Objetivos específicos:**
 - Caracterizar el distrito de Monterrey de San Carlos desde un punto de vista biofísico y socioeconómico, con el fin de conocer su situación actual.
 - Describir el escenario de susceptibilidad a deslizamientos a partir de la percepción de riesgo local y de la aplicación de técnicas de análisis geoespacial para mejorar la planificación rural del distrito Monterrey de San Carlos.
 - Plantear una propuesta de zonificación a peligros potenciales de deslizamientos y su respectiva interpretación para mejorar la planificación del distrito mediante la gestión del riesgo local.

Marco teórico.

El marco teórico aborda la información necesaria referida al desarrollo rural según las características biofísicas, sociales y económicas del distrito Monterrey de San Carlos; además, lo relacionado con la conceptualización de la percepción del riesgo mediante actores claves, la teoría explicativa sobre los deslizamientos y su aplicabilidad mediante los sistemas de información geográfica y metodologías como la de Mora-Vahrson (1992). Se aborda la temática de la gestión del riesgo local, así como el ordenamiento territorial y la herramienta de la zonificación.

El desarrollo rural a partir de las condiciones físicas, sociales y económicas del entorno.

El ambiente y el desarrollo son conceptos que no se deben observar por separado dentro del contexto actual de los poblados. El ambiente está relacionado directamente con el desarrollo económico y social; el primero de ellos determina y afecta la forma en que vivimos y esa forma en que vivimos determinará el estado del ambiente. Un desarrollo inadecuado genera un ambiente desequilibrado (Sánchez, 2002). En Costa Rica, como en cualquier país, el modelo de desarrollo adoptado determina en cierta medida cómo el sector productivo se interrelaciona e influye en el espacio geográfico y los recursos naturales. En el cantón de San Carlos las principales actividades productivas son la ganadería y la agricultura, pero el proceso de colonización y adaptación de los terrenos a esta actividad conlleva a una acelerada degradación (PDTC, 2014-2024).

Es por ello que la apropiación de los recursos y su disponibilidad se posiciona como uno de los factores necesarios para el impulso o surgimiento del llamado desarrollo rural territorial. Esta apropiación debe surgir desde la organización comunal y el apoyo institucional, de forma que el uso y disfrute de estos genere beneficios directos a los habitantes manteniendo la sostenibilidad futura. Desde el Instituto Nacional de Desarrollo Rural (INDER) se promueve y se implementa este tipo de apropiación a partir del año 2016 con la Política de Estado para el Desarrollo Rural Territorial (PEDRT) propuesta para el quindenio 2015-2030.

Esta política, busca principalmente:

Fomentar el desarrollo inclusivo de los territorios rurales, reconociendo y respetando sus características propias y la identidad cultural de su población, por medio de un sistema de articulación público privado, que reduzca las desigualdades e inequidades económicas, sociales, culturales, ambientales y político-institucionales, mediante el desarrollo de capacidades y oportunidades para sus habitantes (PEDRT, 2016, p. 4).

De esta forma se pretende integrar a las zonas rurales dentro de los llamados “territorios rurales”, los cuales estarán bajo el amparo de la institución y serán el objetivo de inversión y capacitación en distintas actividades y proyectos para la búsqueda del desarrollo rural territorial. Este nuevo concepto se vuelve esencial para esta investigación porque promueve el análisis previo de riesgos que podrían proporcionar una herramienta para la planificación adecuada y crecimiento del sector. Se espera lograr, consecuentemente, la consolidación de territorios rurales con índices de desarrollo incrementados y con desigualdades económicas, sociales, culturales, ambientales y político-institucionales reducidas, con capacidades y responsabilidad ambiental, mediante el uso sostenible de los recursos que eviten su degradación y garanticen la protección del ambiente y de las personas.

En esta misma línea, Cardona (1993) plantea la necesidad de entender que vivimos en un sistema de relaciones muy complejas que tiene mucha sensibilidad y puede variar cuando uno de sus componentes, como el suelo, el agua o el aire, son modificados, volviéndose agentes directos o indirectos de amenazas. El uso inadecuado de los recursos o la sobreutilización de ellos genera desbalances a nivel ecosistémico y estos deben equilibrarse de alguna forma. La naturaleza tiene muy claro cómo hacerlo y muchas veces es mediante cambios bruscos en el paisaje. Esta tendencia a considerar el ser humano como algo externo que puede causar acciones nocivas al ambiente ha conducido a una definición incompleta de lo que puede entenderse como impacto ambiental y del mismo modo puede causar efectos en nuestras posibilidades de desarrollo integral (Cardona, citado en Marskey, 1993).

Percepción del riesgo.

Para Wolf (2011) la percepción del riesgo y, en particular, su procesamiento es:

Una evaluación probabilística, es decir, la probabilidad de que un suceso amenazante se materialice, se convierta en realidad. El primer paso para entender un riesgo como tal es reconocer la amenaza pues no se puede pensar algo como peligroso, si no se conoce que está allí (p. 24). Esta percepción va a estar determinada además por factores externos de las comunidades, poblados o personas que pueden identificarse con la cultura y cosmovisión,

estatus socioeconómico y acceso a opciones, organización institucional, voluntad política, credibilidad y finalmente, por el propio estado psicológico de cada persona.

Acosta (2005) plantea que la percepción del riesgo es una construcción colectiva y cultural, que se desprende de las vivencias que hayan experimentado en un lugar, por lo tanto, no es un ente material objetivo sino una elaboración, una construcción intelectual de la sociedad que se presta particularmente para llevar a cabo evaluaciones sociales de probabilidades y de valores.

En este sentido, los procesos de asentamiento y adaptación al medio social y ambiental en la mayoría de los casos se hacen sin el reconocimiento previo de las amenazas naturales o antropogénicas a que el poblador se expondría, lo que afecta la capacidad de respuesta ante la presencia de un evento amenazador. Por lo tanto, se busca conocer si los habitantes del distrito de Monterrey tienen algún conocimiento sobre la existencia de amenaza de deslizamiento. De allí, Vallejo & Vélez (2009) definen la importancia del término conocido como “amnesia social” o pérdida de memoria histórica, con la cual fácilmente olvidamos hechos desastrosos del pasado y pensamos de forma optimista que difícilmente volverán a ocurrir.

Por otro lado, Caballero (2007) cree que, en general, se tiene una excesiva confianza o sobrevaloración de los instrumentos para mitigar la amenaza tales como diques, represas, construyéndose en el imaginario colectivo una falsa seguridad a lo cual se suma la negación del riesgo personal con frases como “nunca me sucederá”. Sumado a esto, en la mayoría de los casos la población no tiene información precisa sobre el riesgo real que corren y su percepción está condicionada.

La susceptibilidad a deslizamientos.

Los procesos de remoción en masa en las laderas o zonas de pendiente están gobernados por diversos factores: litología, geomorfología, condiciones estructurales, factores climáticos y biológicos (Mora, 1987). La clasificación de los procesos de remoción en masa más aceptada y aplicada a nivel internacional se basa en el mecanismo del movimiento, por lo que, de manera general, estos movimientos se dividen en caídas o desprendimientos (falls), vuelcos o desplomes (topples), deslizamientos (slides), expansiones laterales (lateral spreading), flujos (flows) y movimientos complejos (complex movements) (Ayala, 1999). En el distrito de Monterrey básicamente se estudian los procesos de deslizamientos y su potencial susceptibilidad a producirse, basándose en las características físicas y socioeconómicas del entorno.

En una ladera las condiciones de estabilidad pueden pasar a inestabilidad por factores de disparo, es decir, la ocurrencia de sismos, sobresaturación de los suelos, o por acción de la lluvia, esto puede ser definido como estabilización precaria. Para el caso de la inestabilidad de las laderas la zona de influencia está limitada normalmente al lugar donde se presenta el mecanismo de falla o colapso, más la zona afectada por la masa deslizante, es decir, el lugar donde se termina depositando la masa de material inestable, ya que en algunos casos los daños y pérdidas pueden estar concentrados en estas zonas (Mora & Vahrson, 1992). Sumado a esto, y según las características de la masa en movimiento, se pueden originar flujos de materiales los cuales pueden alcanzar amplias extensiones, sobre todo cuando interaccionan con ríos o quebradas.

Cuando los deslizamientos ocurren en áreas cercanas a comunidades, se convierten en un peligro potencial (Mora & Morales, 1986). En el momento que se presentan estas características de inestabilidad y existen factores disparadores presentes como alta precipitación, saturación, movimientos sísmicos y demás, esa área podría ser considerada como susceptible a deslizamientos.

Los análisis de la amenaza o susceptibilidad de deslizamientos en ámbitos ingenieriles comúnmente se realizan con base en modelos de estabilidad de taludes desde el punto de vista geotécnico. En ellos se establecen los factores de inestabilidad (que corresponden al inverso del factor de seguridad calculado) para diferentes condiciones hidrometeorológicas y de resistencia mecánica del suelo. Para este tipo de análisis se requiere de información topográfica, geomorfológica, geológica, hidrogeológica, geotécnica, sismológica e hidrológica (Yamin, Ghesquiere, Cardona y Ordaz, 2013).

Para Marcano & Cartaya (2010) una de las mejores formas de realizar este tipo de análisis es mediante la utilización de los **Sistemas de Información Geográfica (SIG)** los cuales permiten: capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas los datos, brindar información oportuna para la toma de decisiones, mejorar la amplitud y profundidad de los análisis de riesgos, ahorrar tiempo en la preparación de mapas y facilitar la evaluación de diferentes estrategias de desarrollo, descubrir información nueva y valiosa sobre los riesgos, establecer las zonificaciones de áreas susceptibles y amenazadas, integrar y correlacionar la información, construir índices probabilísticos de riesgo, determinar áreas con niveles relativos de riesgo y estimar las pérdidas que podrían producirse en caso de manifestarse una amenaza.

Estos, además, mediante funciones avanzadas, brindan la oportunidad de aplicar métodos de estimación de áreas susceptibles a deslizamientos. Uno de los más interesantes y efectivos es el método Mora-Vahrson (1992). Esta metodología permite manejar gran cantidad de datos de distintas índoles (meteorológicos, sísmicos, geológicos) y aun así brinda resultados bastante atinados y eficientes en la estimación de estos parámetros para extensiones de gran tamaño como Monterrey de San Carlos (220,1 km²).

La metodología **Mora-Vahrson** permite realizar un análisis a priori de áreas extensas para el tema de susceptibilidad a deslizamientos, utilizando indicadores morfo-dinámicos (Mora & Vahrson, 1992), tales como el relieve relativo, la litología, la humedad del suelo, la sismicidad y la lluvia, todo esto definido por índices de influencia para cada área, que pueden ser trabajados en un **Sistemas de Información Geográfica (SIG)**, para obtener un mapa de

potencial a deslizamientos. En este caso se utilizó la metodología Mora & Vahrson (1992), con la única modificación planteada por Mora & Saborío (2018), en la cual, se cambia el factor de relieve relativo por el de pendientes. Según Barrantes et al. (2011), la metodología se ajusta de manera bastante adecuada y bastante sencilla por la utilización de pocos datos y que funciona como herramienta base para la planificación, aunque no se recomienda usar a pequeña escala (mayores a 1:50 000).

Este tipo de metodología permite estimar las áreas de mayor susceptibilidad de deslizamiento, por tanto, conociendo previamente las condiciones y actividades socioeconómicas que potencian el desarrollo rural del distrito de Monterrey de San Carlos, se podrá crear la primera zonificación territorial de peligros ante deslizamientos como herramienta para la gestión del riesgo y el ordenamiento planificado del territorio a futuro.

Ordenamiento del territorio y zonificación del riesgo.

Dentro del Plan Nacional de Ordenamiento territorial (2012-2040) se define el ordenamiento territorial como:

La “expresión espacial de las políticas sociales, ambientales y económicas, que también es un ejercicio administrativo y una política de Estado, basada en la toma de decisiones coordinadas y articuladas, con el fin de garantizar un desarrollo adecuado de los asentamientos humanos, la gestión integral de los recursos naturales y el desarrollo económico en el territorio” (PNOT, 2012-2040, p.5).

Según se percibe en la Ley No.7554 (1995), descrita como Orgánica del Ambiente, en su Artículo VI, el objetivo de dicho proceso es “ubicar de forma óptima, dentro del territorio nacional, las actividades productivas, los asentamientos humanos, las zonas de uso público y recreativo, las redes de comunicación y transporte, las áreas silvestres y otras obras vitales de infraestructura, como unidades energéticas, distritos de riego y avenamiento”. Por tanto y para la ubicación de los diferentes factores que componen un espacio habitado, se requiere de estudios previos que abarquen todas las esferas políticas, sociales, físicas y económicas, dentro de ellas y sin duda alguna, el análisis de riesgos ante deslizamientos.

Así pues, el ordenamiento territorial se expresa como una necesidad y a la vez una herramienta idónea para mejorar la calidad de vida de los habitantes del país, a través de la promoción de asentamientos humanos polifuncionales, en los cuales sea posible el acceso a la vivienda, los servicios (equipamientos básicos y servicios ecosistémicos) y a las funciones productivas, que permitan un desarrollo social competitivo en el territorio (PNOT, 2012-2040, p.7).

La forma de espacializar las políticas de ordenamiento territorial y las propuestas, es mediante **la zonificación del espacio** según sus características, asegurando un crecimiento y desarrollo planificado a partir de los recursos, capacidades y debilidades presentes en el distrito. La zonificación ambiental territorial es una herramienta valiosa para la planificación y el uso de los recursos naturales, ya que permite identificar unidades de manejo ambiental según la tasa de extracción, capacidad de uso, acervo cultural de las comunidades y capacidad de autorrecuperación de los ecosistemas (Quintero & Cardozo, 2006).

Este proceso es de igual forma aplicable a la zonificación del riesgo; la diferencia o la variación se denota en la utilización de información sobre la amenaza existente y las características sociales, físicas, económicas y demás presentes, que determinan directamente el grado de susceptibilidad o exposición de una comunidad a sufrir los daños por un deslizamiento u otra amenaza.

La integración de las características del distrito de Monterrey de San Carlos en términos de desarrollo rural y la potencial susceptibilidad a deslizamientos que podría presentar, permitirán la creación de la primera microzonificación de riesgos y de esta forma, plantear un nuevo abordaje de planificación y ordenamiento de las actividades socioeconómicas y el crecimiento futuro del territorio.

Marco metodológico.

El área de estudio comprende en su totalidad el distrito de Monterrey de San Carlos, (figura 1), cuyas coordenadas geográficas medias son $10^{\circ}33'17''\text{O}$ y $-84^{\circ}38'58''\text{N}$ y sus coordenadas planas medias (CRTM05) son 430341 N, 1168982 O. La anchura máxima del área es de 16,9 kilómetros, en dirección norte-sur y su longitud máxima 21,6 km en dirección este-oeste aproximadamente, para un área total de 220,1 km². El distrito está conformado por los poblados de San Cristóbal, Mirador, El Alto, Pataste, Chambacú, La Orquídea, San Miguel y Caño Ciego principalmente, siendo Santo Domingo (cabecera de distrito) el centro económico más importante para las demás poblaciones.

Para la realización del cálculo de las áreas con susceptibilidad a deslizamiento en el distrito de Monterrey de San Carlos, así como para la descripción de sus posibles consecuencias en caso de materialización de un evento, se utiliza además una delimitación de las cuencas hidrográficas (Arenal, Pocosol, Purgatorio y La Muerte), la cual, en el momento de plantear la zonificación territorial, permite un mejor análisis de la amenaza en cuestión, facilidad en la delimitación de las zonas planteadas y una mejor comprensión de su eventual alcance según las actividades productivas existentes.

Esta investigación presenta un enfoque de tipo mixto, es decir, se utilizarán datos e información de carácter cualitativo (entrevistas a informante clave) y cuantitativo (modelaciones geoespaciales). Esto responde a la necesidad de establecer comparaciones entre los resultados de la percepción de la población mediante actores clave y los obtenidos de manera técnica por el autor, para lograr visualizar un panorama más amplio que contenga la mayor cantidad de aportes relevantes posibles.

En ese sentido y como se planteó anteriormente, se realizará en primer lugar un diagnóstico biofísico del área en estudio para conocer las características y actividades de importancia, seguido de una descripción de la percepción ante la susceptibilidad a deslizamientos mediante entrevista a los principales líderes locales, un proceso de modelado espacial mediante el método de Mora-Vahrson (1992), para la identificación de áreas susceptibles a

deslizamiento y finalmente, con esta información plantear la primera zonificación territorial de riesgo ante deslizamientos para el distrito.

Ubicación Geográfica del Distrito Monterrey de San Carlos

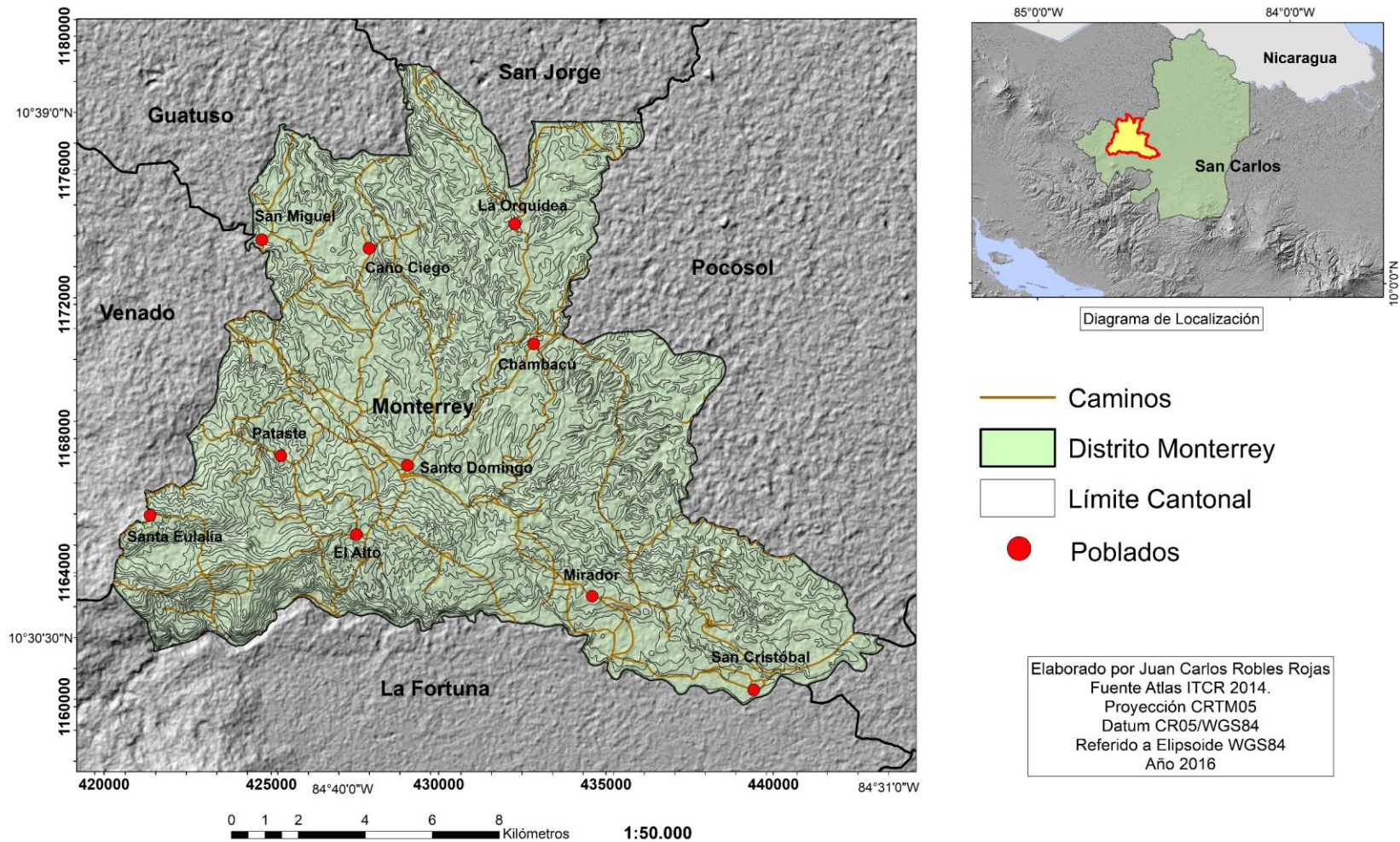


Figura 1. Ubicación del distrito de Monterrey. Elaboración propia

Los pasos metodológicos por seguir para lograr responder a cada uno de los objetivos planteados dentro de la investigación son:

Diagnóstico biofísico y socio productivo:

El primer paso es la realización del diagnóstico biofísico y socio productivo del distrito de Monterrey de San Carlos. En este se aplicó la revisión bibliográfica de informes, mapas y datos proporcionados por la Municipalidad de San Carlos, Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, Red Sismológica Nacional, OVSICORI, Dirección de Geología y Minas, Instituto de Desarrollo Rural, Ministerio de Agricultura y Ganadería, datos socio-demográficos del Instituto Nacional de Estadística y Censos, así como información cartográfica de la zona a escala 1:50 000 e imágenes aéreas de apoyo para observación de elementos en zonas de difícil acceso. Como paso principal, se realizó una serie de recorridos o giras de campo a lo largo y ancho del distrito, reconociendo las principales características y actividades desarrolladas junto con el aporte de los actores clave. Una técnica importante por utilizar durante los recorridos en campo es la observación no participante. En esta técnica el investigador se mantiene al margen del evento estudiado, como un espectador pasivo que se limita a registrar la información que aparece ante él. No se da una interacción directa con el proceso natural, pretendiendo obtener la máxima objetividad y veracidad posible (García & Soria, 2014). Esta técnica se utiliza principalmente en los recorridos en campo por fincas, áreas de agricultura, comercios, áreas de servicios básicos, entre otros, en las que el investigador, en solitario, registra la información que necesita, sin tener que estar en contacto con las personas que se encuentran en los diferentes espacios.

Descripción de la percepción ante deslizamientos:

En este segundo paso se realizaron una serie de entrevistas con los líderes comunales o informantes clave de los diferentes poblados de Monterrey (cuadro 1), en las cuales se abordó la temática de deslizamientos.

Nombre	Lugar	Motivo de elección
1. Rodolfo Rodríguez Alvarado	El Alto de Monterrey	Líder de la zona (35 años de residir)
2. Kenneth Vargas Sánchez	Santo Domingo (Centro)	Líder de la zona (56 años de residir)
3. Eladio Varela Quesada	Chambacú	Líder de la zona (40 años de residir)
4. Cicelio Gonzáles Cruz	La Orquídea	Líder de la zona (47 años de residir)

Cuadro 1. Principales Líderes comunales de Monterrey. Elaboración propia

Para este caso se seleccionaron 4 personajes clave, elegidos a partir de su potencial conocimiento del área de estudio debido a sus años de residencia en la zona y a sabiendas de la influencia que tienen directamente sobre sus comunidades. Estos personajes son líderes comunales, integrantes de ASADAS, Juntas de Educación, Patronatos escolares, representantes comunales ante Acueductos y Alcantarillados (AyA), sector ganadero y sector agrícola.

Monterrey de San Carlos es un distrito con muy pocos y pequeños poblados, por ello el investigador considera que para efectos del resultado que se quiere obtener, la entrevista de los actores claves de cada pueblo es suficiente para apoyar el resultado de susceptibilidad a deslizamientos. Esto se debe a que son pocos los actores que se desempeñan como líderes comunitarios y que realmente conocen el área de estudio, por lo tanto, poseen la información que interesa en esta investigación.

El propósito de estas entrevistas fue identificar, a partir de la experiencia de los entrevistados, la importancia o relevancia de tomar en cuenta esta amenaza en su poblado. En la entrevista se les pidió que identifiquen y muestren esas áreas que según su percepción podrían deslizarse. A partir de estos datos ellos mismos crearon pequeños esquemas, diagramas o mapas de zonas con potencial deslizamiento percibido, aportando de esta forma a la conformación futura de la zonificación rural territorial de su distrito.

La guía de entrevista se utilizó como instrumento de recopilación de información sobre percepción del riesgo entre los actores elegidos del distrito Monterrey de San Carlos. Los entrevistados evidenciaron las consecuencias directas e indirectas de estos eventos e incluso se aventuraron a estimar las potenciales pérdidas económicas que generarían los deslizamientos, de expresarse en sus actividades económicas. Como se especificó anteriormente, la entrevista es una conversación dirigida entre dos personas, un entrevistador y un entrevistado, en la cual se siguen ciertas pautas o esquemas para lograr una interacción entre ambos con el motivo de obtener la información deseada. Esta técnica va desde la interrogación estandarizada hasta la conversación libre (Ander-Egg, 1987). El formato aplicado, para la realización de este paso se observa en el anexo No. 1.

Con esta herramienta se forma una conversación guiada a partir de un conjunto de preguntas diseñadas cuidadosamente con un objetivo particular (Escobar & Jiménez, 2010), en este caso, saber sobre la percepción de los pobladores claves sobre deslizamientos en su distrito.

Además, permite conocer conductas y actitudes sociales, lo que ayuda a revelar información sobre la forma en que estos actores manejan las situaciones de peligro en sus poblados y la manera de gestionarlos en conjunto con la comunidad. Por otro lado, facilita la obtención de respuestas de calidad, que pueden enriquecer la investigación, así como obtener ideas para desarrollar estudios posteriores (Aubel, 1993).

Identificación de áreas con susceptibilidad al deslizamiento:

En este paso se aplicó la metodología Mora-Vahrson (1992) para la delimitación espacial de las áreas con potencial susceptibilidad de deslizamiento. Como ya se ha mencionado, utilizando indicadores morfo-dinámicos tales como el factor pendiente, que en este caso sustituirá al factor de relieve relativo utilizado en la metodología original (Mora & Saborío, 2018), la litología, la humedad del suelo, la sismicidad (intensidad sísmica Mercalli) y la precipitación (intensidad de lluvias), las cuales pueden ser trabajadas en un Sistema de Información Geográfica (SIG), se puede obtener un mapa de susceptibilidad a

deslizamientos. El proceso requiere de una conversión de los datos numéricos a datos geoespaciales vectorizados, para la aplicación de la ecuación matemática, que permitirán representar índices de susceptibilidad; dicha ecuación es:

$$H = (S_l * S_n * S_p) * (D_s + D_{ll})$$

Donde H puede ser:

H_s: susceptibilidad a deslizamiento por sismicidad

H_{ll}: susceptibilidad a deslizamiento por lluvias

Y las variables S y D representan:

S_l: valor del parámetro de susceptibilidad litológica

S_n: valor del parámetro de humedad del suelo

S_p: valor del parámetro de la pendiente

D_s: valor del parámetro de disparo por sismicidad

D_{ll}: valor del parámetro de disparo por intensidad de lluvias

Como se dijo, “H” representa la susceptibilidad total a deslizamiento; para ello es necesario integrar la susceptibilidad por sismicidad y por lluvias. Para obtener tanto “H_s” como “H_{ll}”, se requiere de información detallada sobre la litología del área, la humedad del suelo y los valores de pendiente, los cuales deben ser transformados a formato ráster. De igual forma se debe hacer con las intensidades sísmicas del área y la intensidad de las lluvias. Finalmente, transformar los datos a formato geoespacial. Una vez calculado, los resultados se grafican mediante la aplicación de un sistema de información geográfica, como lo es ArcGis 10.3 o Qgis 3.6.3, para representar la distribución espacial de las áreas con susceptibilidad a deslizamientos.

Cabe destacar que la información de precipitación utilizada está restringida únicamente a los años 1990, 2016, 2017, pues son las únicas series de datos completas con las que cuenta el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) para las estaciones más cercanas al área de estudio.

Además, para futuras investigaciones será preciso hacer uso de la información de las características geomorfológicas del área de estudio debido a que este elemento presenta gran peso a la hora de analizar el comportamiento posible de las áreas susceptibles a deslizamientos y las posibles trayectorias de flujos de lodo-avalanchas que se podrían generar eventualmente.

Creación de propuesta de zonificación territorial de riesgos potenciales de deslizamientos:

Habiendo realizado los pasos anteriores, contando con una comparación de la percepción de los cuatro actores clave del distrito de Monterrey de San Carlos sobre el peligro al deslizamiento y lo que el estudio técnico muestra mediante el método Mora & Vahrson (1992), sumado al conocimiento previo adquirido por el estudio diagnóstico de la zona (uso de la tierra y características socio productivas), se puede iniciar con el planteamiento de la zonificación rural territorial ante amenaza de deslizamiento.

Utilizando como base el uso de la tierra con el que se cuenta se sobrepondrán los resultados de la susceptibilidad a deslizamientos para generar una microzonificación que posea condiciones homogéneas, proponiendo la utilización del mejor uso para cada área delimitada, basándose en las características físicas y climáticas, el uso histórico o comúnmente aplicado y la legislación ambiental actual.

Este mapa contará con las regulaciones propuestas según las susceptibilidades a deslizamientos encontradas, la legislación actual sobre zonas de protección y las posibles zonas de mejor uso del suelo que se proponen para la ocupación adecuada del espacio, basado en el estudio de las actividades productivas existentes.

Esta zonificación rural se planteará de forma integradora a partir del apoyo y conocimiento aportado por los actores clave del distrito mediante la herramienta de percepción, así como los resultados generados de forma técnica mediante el método Mora-Vahrson (1992), de

forma que se cree un mapa de zonificación integrado para el ordenamiento de usos del suelo en concordancia con las características antes expuestas del distrito.

A partir de esta información, aplicando las técnicas de elaboración cartográfica que brindan los Sistemas de Información Geográfica, se generará la zonificación rural territorial de los usos del suelo que contemplan la susceptibilidad al deslizamiento para el distrito de Monterrey de San Carlos. El siguiente gráfico 1 ejemplifica los pasos explicados a seguir:

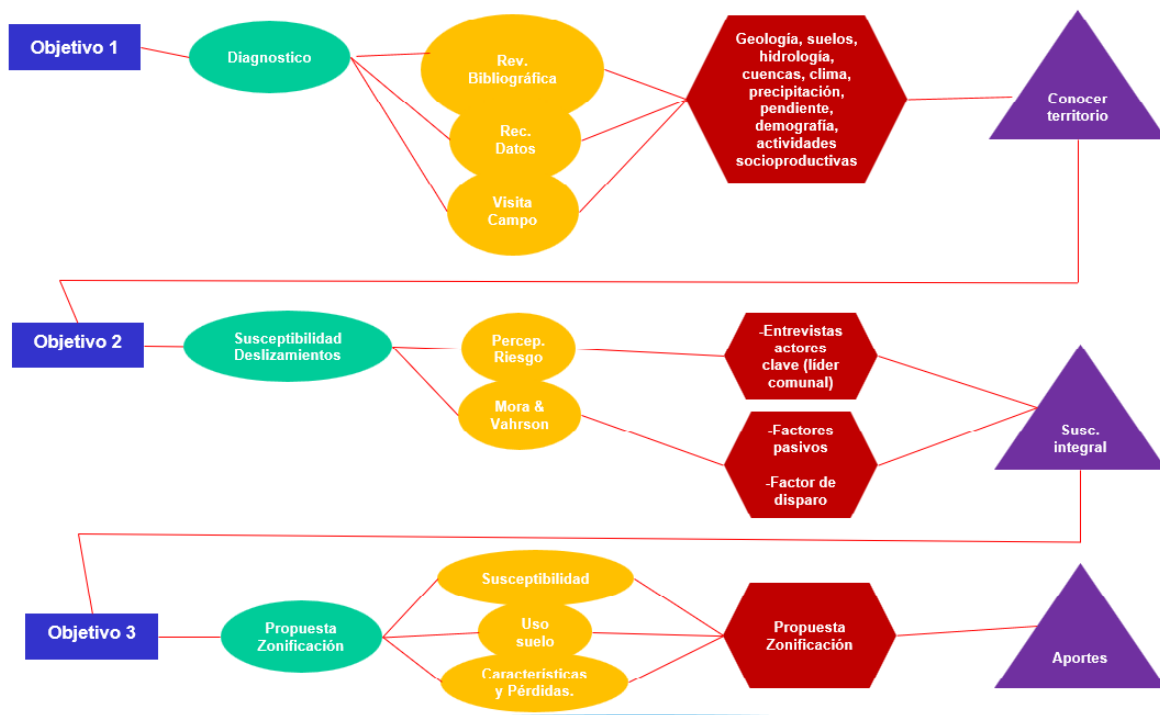


Gráfico 1. Flujo metodológico. Elaboración propia

I. Caracterización biofísica y socio productiva de Monterrey de San Carlos.

El distrito de Monterrey de San Carlos es un área diversa con características singulares que lo diferencian de los demás distritos, no solo de San Carlos si no de Costa Rica (PDTC, 2014-2024). Algunos de estos aspectos se refieren a características físicas o naturales como la topografía, la climatología y la dinámica ambiental. Otras se refieren a la alta productividad lechera, siendo, según las estadísticas de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L., el cantón de San Carlos que produce aproximadamente la mitad de la leche del país, unos 700 mil litros por día (Periódico San Carlos Digital, 01 de junio 2018) y la ganadería intensiva de carne del área.

Monterrey es el penúltimo distrito del cantón de San Carlos, se fundó el 16 de mayo de 1979 durante el gobierno de Rodrigo Carazo Odio. Se encuentra en una montaña de donde se pueden visualizar las vastas llanuras de San Carlos. Su nombre se lo dio el fundador Vidal Chavarría, para identificar las características de los terrenos por su riqueza y fertilidad. El distrito se caracteriza por tener un clima fresco, montañas y pastizales siempre verdes. Es la riqueza y la abundancia de agua lo que permite el desarrollo de la ganadería de leche y carne y la siembra de raíces y tubérculos (Plan desarrollo distrital, 2014-2024).

Paso importante para la realización de los objetivos planteados en esta investigación es la caracterización de tipo biofísica, es decir, de las cualidades del espacio geográfico y su interacción con las actividades socio productivas del distrito. Se describirán algunas de las más relevantes para el tipo de estudio como son; clima, precipitación, hidrología, relieve, suelos y geología. Dichos factores son esenciales para la comprensión del funcionar del área en estudio.

• Características físicas

Clima y precipitación:

El distrito de Monterrey de San Carlos presenta características muy singulares que lo hacen distinto con respecto al resto de los poblados situados en la parte central-oeste del cantón. Esta población se puede clasificar dentro del clima tropical húmedo, con precipitaciones durante todo el año, incluso durante marzo, el mes más seco. La temporada lluviosa se presenta durante los meses de junio a diciembre mientras la estación seca de enero a mayo. Esta ubicación está clasificada como “Af” por Köppen y Geiger de 1936 (citado en García 2004) lo cual simboliza condiciones calientes y húmedas durante todo el año, así como precipitaciones fuertes y frecuentes. La temperatura promedio anual es 23,4 ° C, y la precipitación anual aproximada es 4 500 mm (IMN, 2014, p 12.), tal y como se ve en el cuadro 2:

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	22,8	23,1	24	24,4	24,2	23,6	23,5	23,4	23,2	23	22,9	22,5
Temperatura mín. (°C)	17,8	17,8	18,8	19,3	19,6	19,3	19,5	19,2	18,8	18,6	18,9	18
Temperatura máx. (°C)	27,8	28,5	29,2	29,6	28,8	27,9	27,6	27,6	27,7	27,5	26,9	27
Precipitación (mm)	281	182	108	124	330	454	576	509	505	525	459	459

Cuadro 2. Datos climáticos del distrito Monterrey. Fuente IMN, 2014. Estación Adifiort ubicada en las coordenadas WGS84 -84,647222; 10,467778. Las coloraciones más intensas en rojo indican los meses más calurosos. En celeste la precipitación.

Hidrología:

La hidrología del distrito presenta características propias de una zona de media y alta pendiente en la parte sur del distrito y baja o muy baja en el sector norte, en la cual la disposición de los cauces fluviales mantiene un constante transporte de materiales hacia la llanura de sedimentación del río Arenal en primer lugar y posteriormente, a la llanura del San Carlos. La mayoría de estos ríos son de caudal permanente, aumentando considerablemente

durante los meses de estación lluviosa, hasta el punto del desbordamiento e inundación de zonas bajas aledañas.

Los principales ríos permanentes y de gran caudal que componen la hidrología del distrito en estudio son el río Arenal, Pocosal, Caño Ciego, Purgatorio, Pataste y Chambacú. La principal subcuenca de esta área es la del río Arenal, que aporta gran porcentaje de caudal al total transportado en el río San Carlos, así como la subcuenca del río Peñas Blancas y Pocosal. Otros cauces más pequeños como el río Pataste y Caño Ciego aportan su caudal a la cuenca del río Frío, en la zona noroeste de Guatuso de Alajuela (figura 2).

Hidrología del Distrito Monterrey de San Carlos

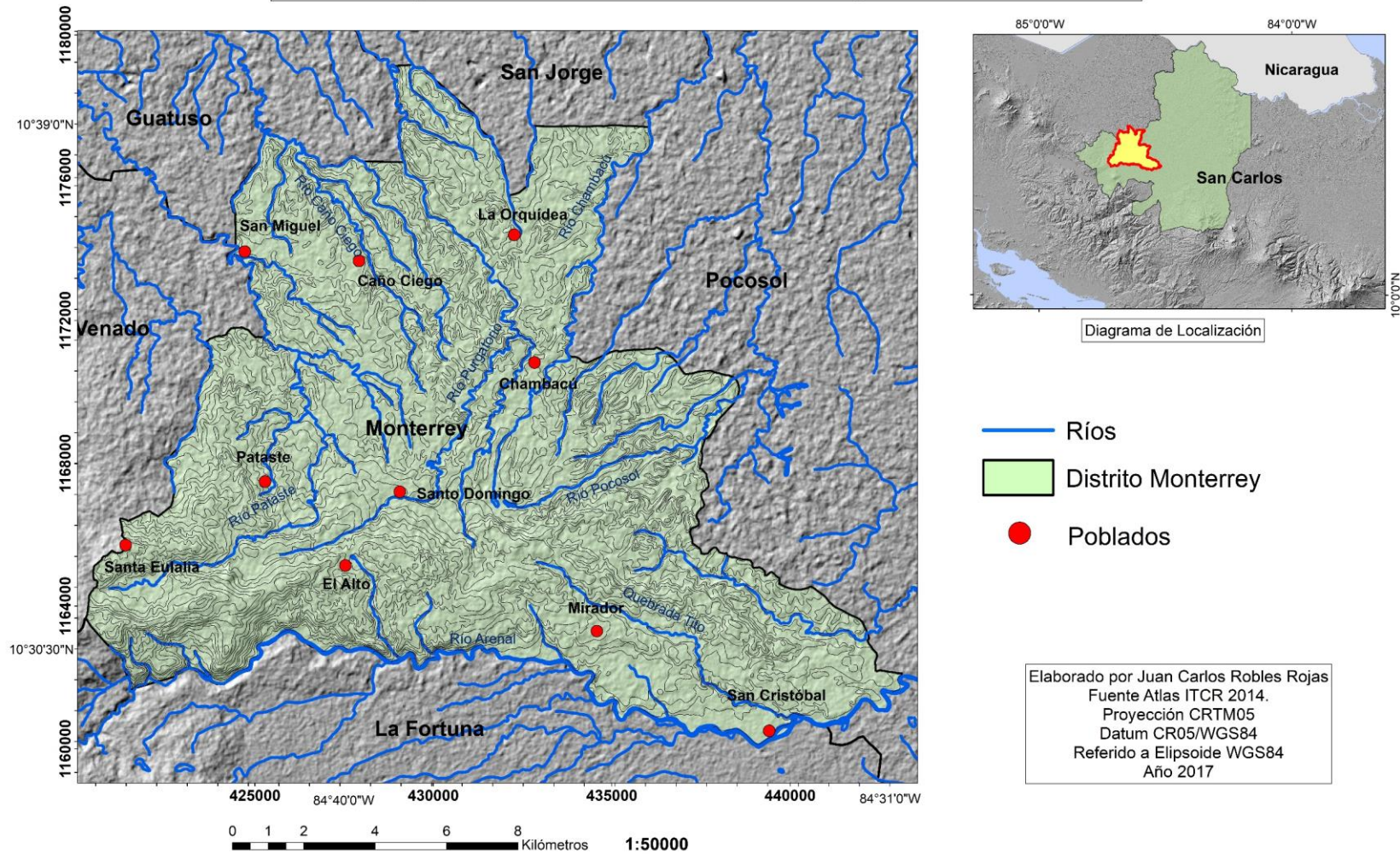


Figura 2. Hidrología del distrito Monterrey. Fuente ITCR, 2014

Las zonas cercanas a las laderas del río Arenal principalmente presentan mayores pendientes e incidencia de deslizamientos que eventualmente se integran al cauce principal, lo cual podría generar aumentos de caudal y descenso de flujos densos de agua y barro.

Otra característica importante de mencionar es la riqueza de las llanuras o zonas de depositación, que a través de los años han sido bañadas por los ríos mencionados y que aportan fertilidad a las poblaciones dedicadas a la agricultura de tubérculos principalmente (PDTC, 2014-2024).

En la figura 2 se puede visualizar la distribución de los principales cursos fluviales dentro del distrito y su disposición y transporte a través de los distintos poblados y comunidades de Monterrey. Los ríos Pocosol, Purgatorio y Caño Ciego, principalmente, definen la llanura o la zona de depositación a lo largo de la parte norte del distrito, generando vastos terrenos que actualmente son dedicados a la ganadería y los cultivos estacionales de tubérculos en menor medida.

En la parte sur del distrito se encuentra el río Arenal, utilizado para la generación hidroeléctrica mediante el proyecto Embalse Arenal del Instituto Costarricense de Electricidad. Este río presenta una morfología encañonada y flujos caudalosos por el grado de pendiente desde la parte alta hasta llegar a confluir en el río San Carlos, donde su flujo es laminar. En general, el flujo del agua es caudaloso en la parte alta y meándrico en la parte baja de las subcuencas.

La figura 3 muestra las 4 subcuencas que abarcan el área de estudio, dos de ellas (Arenal y Pocosol) forman parte de la gran cuenca del río San Carlos y las otras dos restantes (Purgatorio y La Muerte) pertenecen a la cuenca del río Frío.

Por otro lado, el río La Muerte no se encuentra dentro del área de estudio, pero gran parte del área que comprende su cuenca si lo está. Se extiende hacia el noreste del distrito hasta desembocar en el río Frío.

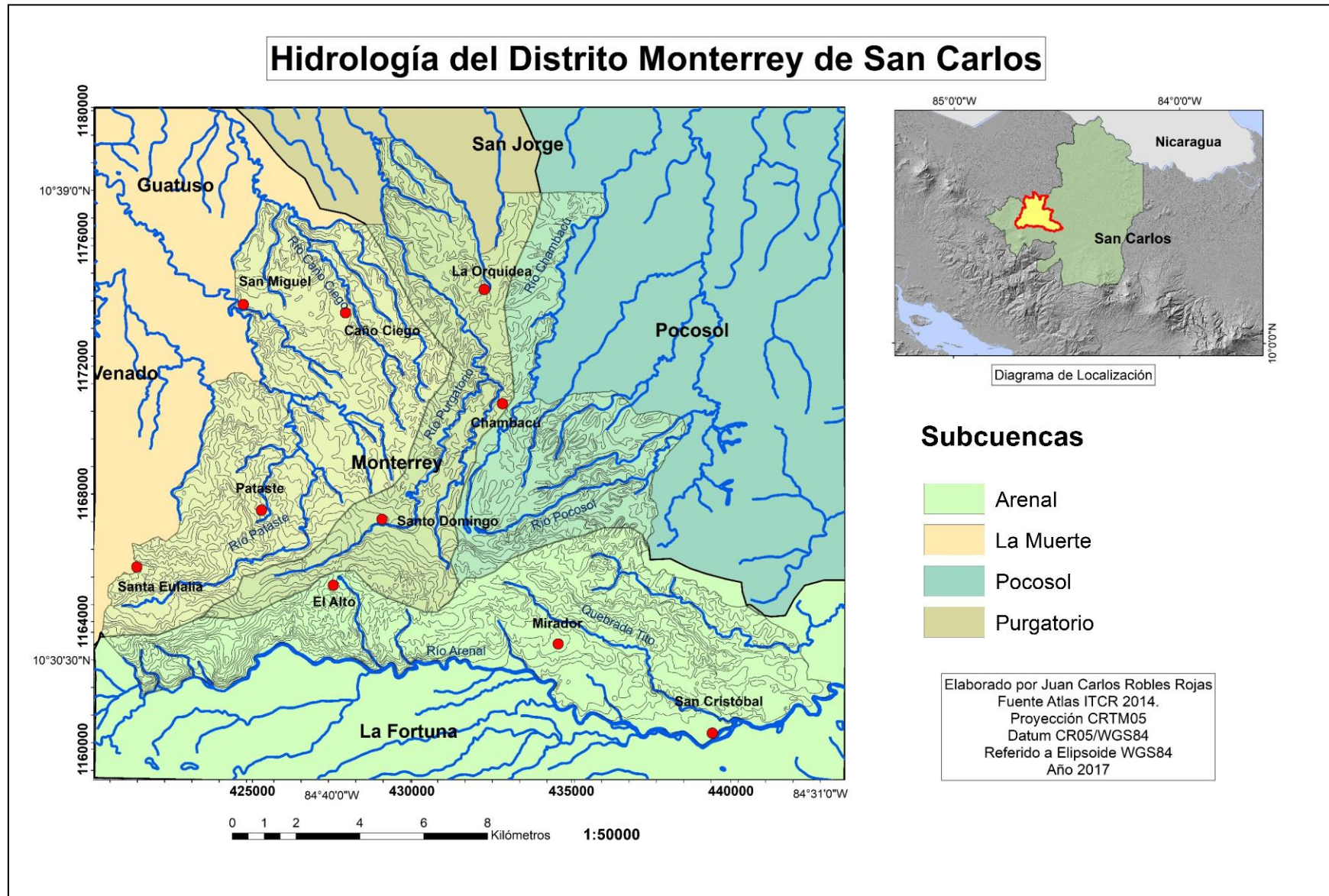


Figura 3. Subcuencas que abarcan el distrito Monterrey. Elaboración propia

Suelos:

El distrito de Monterrey cuenta con una altitud promedio que va de 100-600msnm, presentando cinco órdenes y cinco subórdenes de tipos de suelo. Estos ordenes son; Andisoles de suborden Udands, en una pequeña parte al sur del distrito limitando con el distrito de La Fortuna, Entisoles en la parte más oeste del distrito, de suborden Orthents, Andisoles/ Ultisoles de suborden Udands/Humults hacia los poblados de El Alto, Santa Eulalia y Patate, Inceptisoles en el sector este limitando con Pocosol y Florencia, estos de suborden Udepts y por último, Ultisoles, de suborden Udults (figura 4), que recubren la mayor extensión de área del distrito, abarcando casi toda la totalidad de las llanuras que van hacia el Norte, desde los poblados de Santo Domingo, Chambacú hasta la Orquídea y San Miguel (CIA-IIICA, 2015).

Es acertado mencionar que este distrito presenta una cobertura forestal y no forestal con un área de 20 686,5 ha y 2 486,2 ha respectivamente. En esta zona específica del cantón de San Carlos la utilización de los suelos es variada. Mientras que la mayor parte de los Andisoles son utilizados para la ganadería de leche y cultivos estacionales, los Ultisoles se utilizan en la ganadería de engorde en las zonas más cálidas del norte y en el desarrollo de cultivos permanentes y anuales como la yuca, tiquizque, ñampi, maíz entre otros (ver más detalle en características socioeconómicas).

En general, la mayor parte del distrito posee suelos muy desgastados y poco fértiles; por esta razón es que principalmente se utilizan para la ganadería de carne o para el desarrollo agrícola de cultivos estacionales o anuales que no requieren calidad de suelo muy alto o un manejo pedológico más amplio. La figura 4 ejemplifica lo antes mencionado.

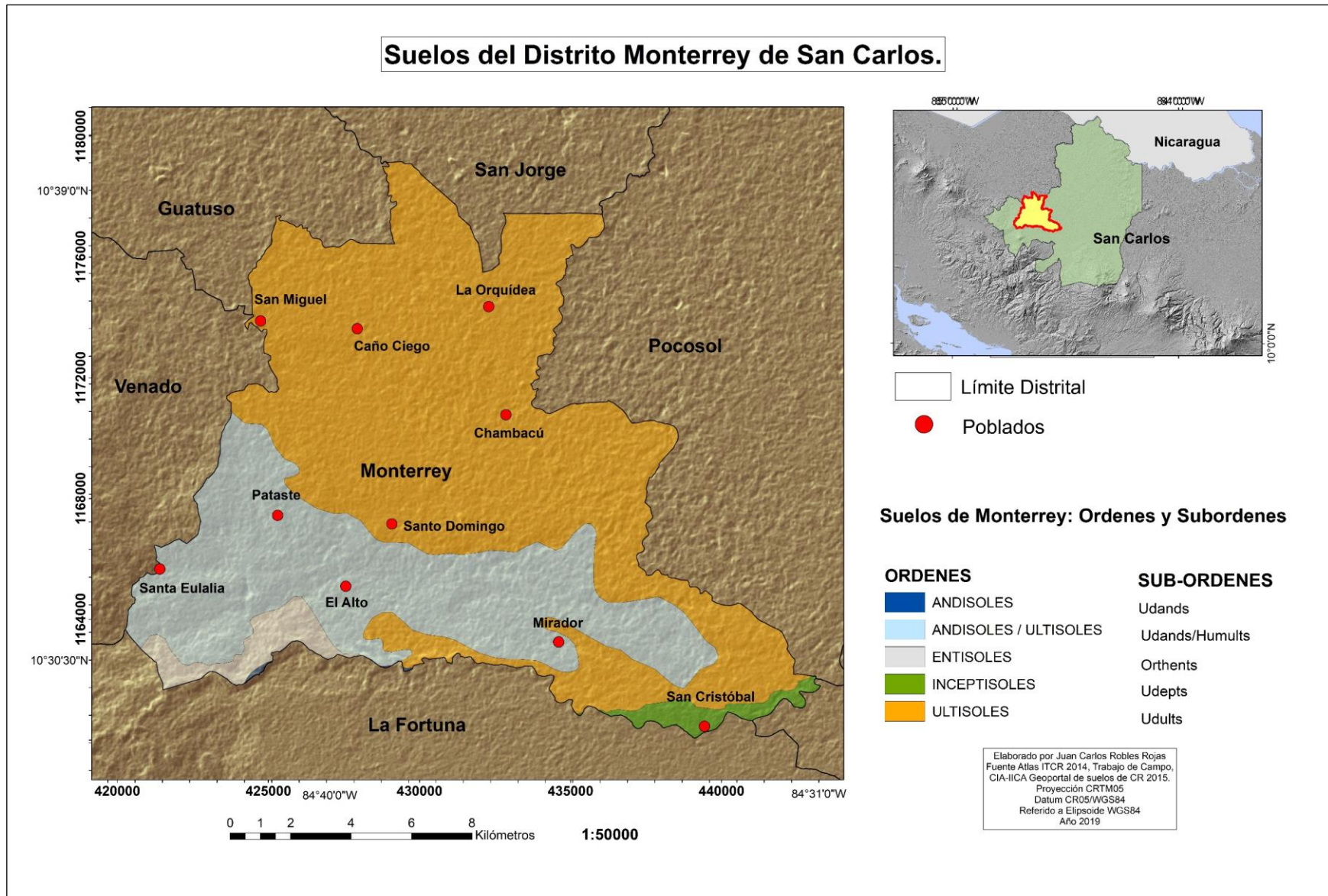


Figura 4. Tipos de suelo del distrito de Monterrey, Alajuela, Costa Rica. Monterrey de San Carlos Fuente CIA-UCR, 2015.

Pendientes:

Las pendientes del distrito de Monterrey de San Carlos se distribuyen en porcentaje desde los 0% en la parte norte hasta poco más de 75% en el sector sur, siendo el cerro Acosta el punto de mayor altitud, con una altura de 591msnm aproximadamente (ASSIS, 2008). Las zonas de baja pendiente, es decir, las llanuras, presentan amplias extensiones idóneas para la ganadería de carne y el cultivo de tubérculos, donde se puede hacer uso de maquinaria para la elaboración de surcos y la preparación del terreno.

También, en este mismo sector se puede ubicar algunas zonas de mediana pendiente principalmente en las orillas de los ríos Caño Ciego, Purgatorio y Chambacú.

Hacia el sector sureste, se identifican las áreas de mayor pendiente. El relieve es ondulado con zonas que alcanzan porcentajes de hasta 75% en los sectores aledaños al río Arenal. Estas áreas son utilizadas mayormente para la ganadería de leche, por lo fresco de la zona, y para el cultivo de agricultura estacional como maíz, frijoles, plátano, entre otros.

Como se mencionó anteriormente, para este sector se maneja la hipótesis de ser un área de media y alta susceptibilidad pues la combinación de altas precipitaciones, pendiente y sismicidad nos permiten pensar en potenciales deslizamientos principalmente en las laderas de los cauces fluviales.

En la figura 5, se puede observar de forma visual la espacialización de las pendientes del distrito, así como sus porcentajes obtenidos a partir de la interpolación de curvas de nivel a escala 1:50 000.

Pendientes en porcentaje del Distrito Monterrey de San Carlos

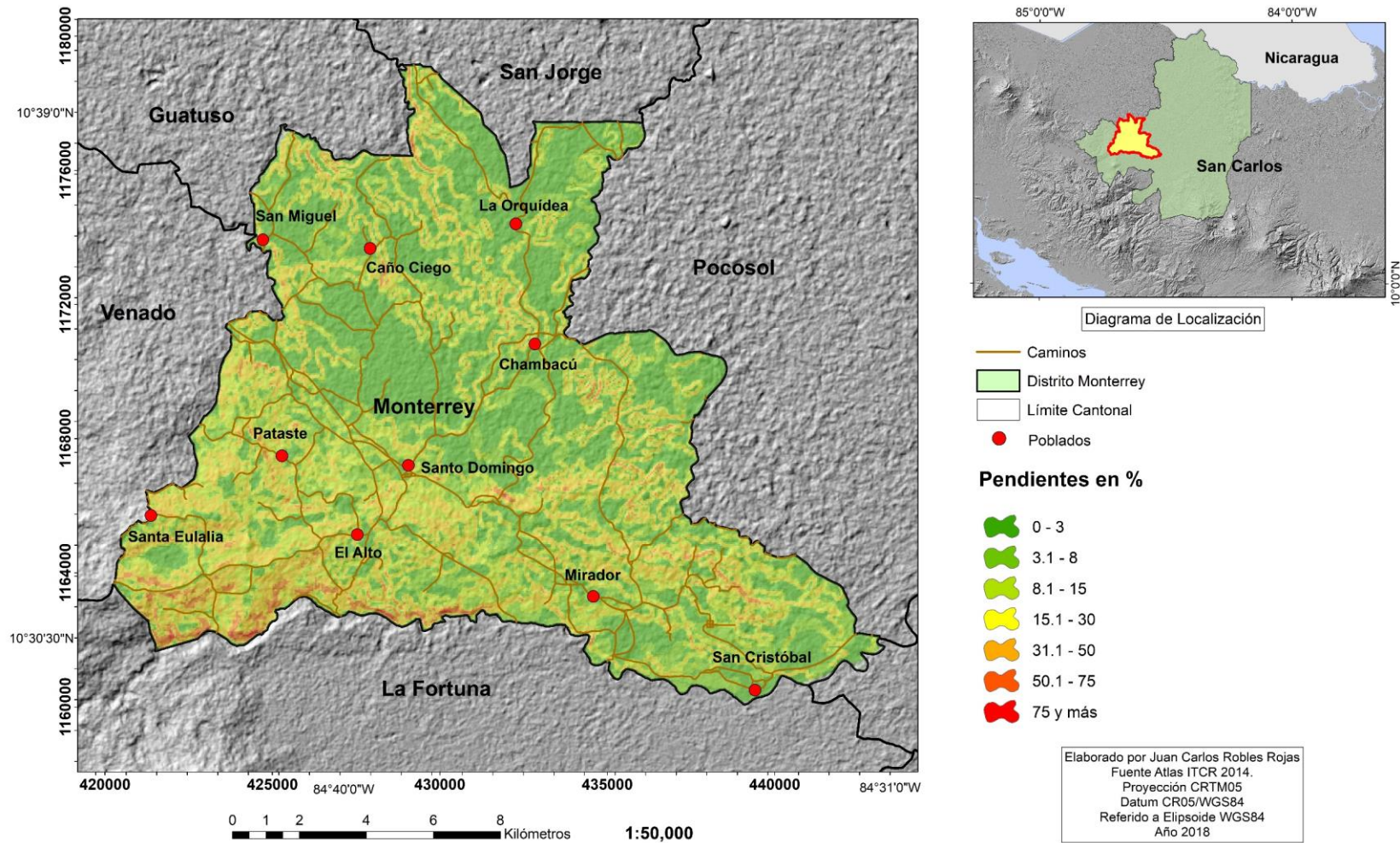


Figura 5. Pendientes del distrito de Monterrey, Alajuela, Costa Rica. Monterrey de San Carlos Fuente CIA-UCR, 2015.

Geología:

Los cambios suscitados sobre la corteza terrestre a través del tiempo geológico son los responsables del paisaje y la estructura geológica que actualmente se observa en el cantón y el distrito. La base de este territorio en el que destacan llanuras y montañas está configurada por rocas de origen sedimentario y volcánico del período Neógeno, sobre los cuales reposan rocas volcánicas del Cuaternario. Las manifestaciones de ese antiguo y reciente pasado geológico se pueden observar en muchos sitios del área donde existe buena exposición de estas rocas (generalmente en los cauces de los ríos), denominadas como unidades y formaciones geológicas, cuyos nombres específicos dependen del sitio o zona en donde se hallan mejor expuestas, así como su génesis, tipo de roca, edad y relación estratigráfica (Rojas, 2019).

De acuerdo con la Dirección de Geología y Minas (Rojas, 2019), se reconocen cuatro formaciones geológicas cercanas al distrito de Monterrey, a saber: Venado, Buena Vista, Grifo Alto (grupo Aguacate) y Monteverde.

A continuación, una breve descripción de estas formaciones mencionadas;

- **Formación Venado:** Es la más antigua, con una edad que oscila entre 5 y 15 millones de años. Está constituida esencialmente por rocas clásticas y carbonatadas (calizas, areniscas, limonitas, lutitas y lentes de carbón) que posteriormente fueron cubiertas por rocas volcánicas de la formación Monteverde, grupo Aguacate, formación Buena Vista y finalmente por depósitos piroclásticos del volcán Arenal a lo largo de sus 7000 años de existencia (Obando, 1986). Los sitios en donde mejor se halla expuesta esta formación son los cauces de los ríos Venado, La Muerte, Jicarito, Pataste y la quebrada El túnel y de manera preferencial en las grutas de Venado (Rojas, 2019).
- **Formación Monteverde:** Es una formación de origen volcánico constituida por coladas de lava y otros materiales piroclásticos. En el área de estudio está constituida

principalmente por suelos residuales laterizados producto de la alteración de las lavas (Rojas, 2019). Su mejor sitio de exposición es la laguna de Cote (cantón de Guatuso), pero también se le puede observar a lo largo del distrito de Monterrey y de Venado (Obando, 1986).

- Formación Buena Vista: Constituida por brechas volcánicas (lahares) que afloran a lo largo del cauce del río Arenal donde en algunos sectores forman taludes casi verticales (Rojas, 2019).
- Formación Grifo Alto (grupo Aguacate): Constituida principalmente por basaltos y andesitas a partir del vulcanismo del Mioceno hasta el Plioceno- Pleistoceno (Rojas, 2019).

Específicamente dentro de Monterrey de San Carlos, con base en la información de la Dirección de Geología y Minas (Rojas, 2019), se pueden distinguir los siguientes grupos litológicos (figura 6):

- Areniscas, lutitas, calizas bioclásticas, y limolitas pertenecientes a la formación Venado, en el norte del distrito.
- Basaltos y andesitas basálticas en un área muy restringida al oeste, pertenecientes al vulcanismo de Grifo Alto.
- Unidad de ignimbritas cuaternarias y pliocénicas que afloran en el área oeste del distrito, pertenecen al vulcanismo piroclástico indiferenciado del Plioceno y del Pleistoceno inferior.
- Depósitos de lavas andesíticas muy alteradas que cubren la mayor parte del área, pertenecientes a la formación Monteverde. La mayor parte cubierta por suelos residuales laterizados.
- Depósitos recientes del Holoceno como terrazas coluvio-aluviales (Rojas, 2019).

Es importante recalcar la presencia de una serie de fallas entre el límite de los distritos Monterrey y Venado las cuales se plantean como de tipo inverso. Estas fallas han sido

propuestas en los mapas regionales con los estudios de tectónica y sísmica de la región y han sido corroboradas en diversos sitios a través de la presencia de deformación tectónica en los sedimentos del Mioceno (Formación Venado).

Agregado a esto se encuentra una serie de pliegues orientados paralelamente al rumbo de las fallas inversas. Igualmente, se observa a lo largo del distrito algunos lineamientos y tres coronas de deslizamientos o zonas de fuerte reptación del terreno (Rojas, 2019).

Geología del Distrito Monterrey de San Carlos

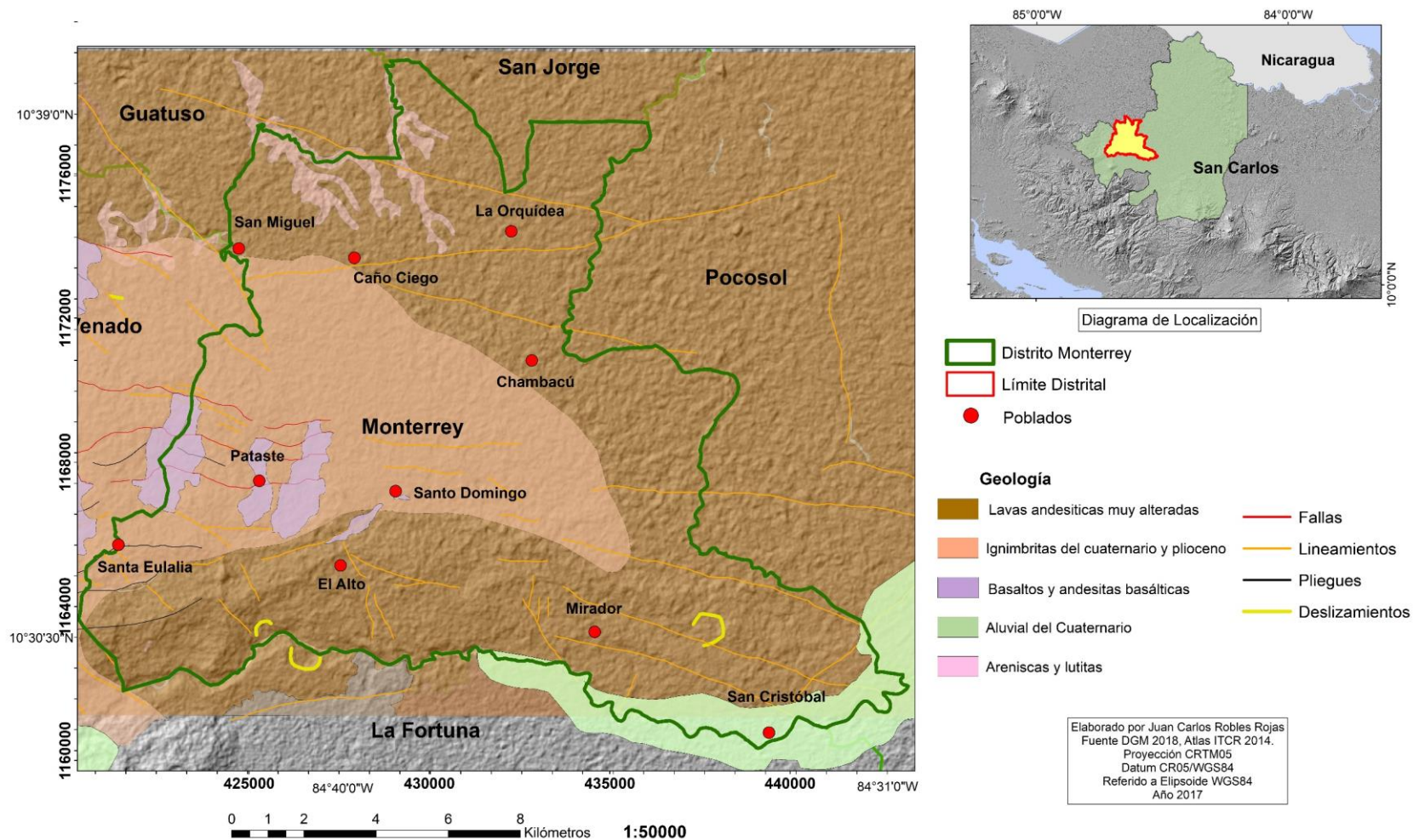


Figura 6. Litología del distrito de Monterrey. Fuente DGM 2018 y Atlas ITCR 2014.

- **Características socio productivas**

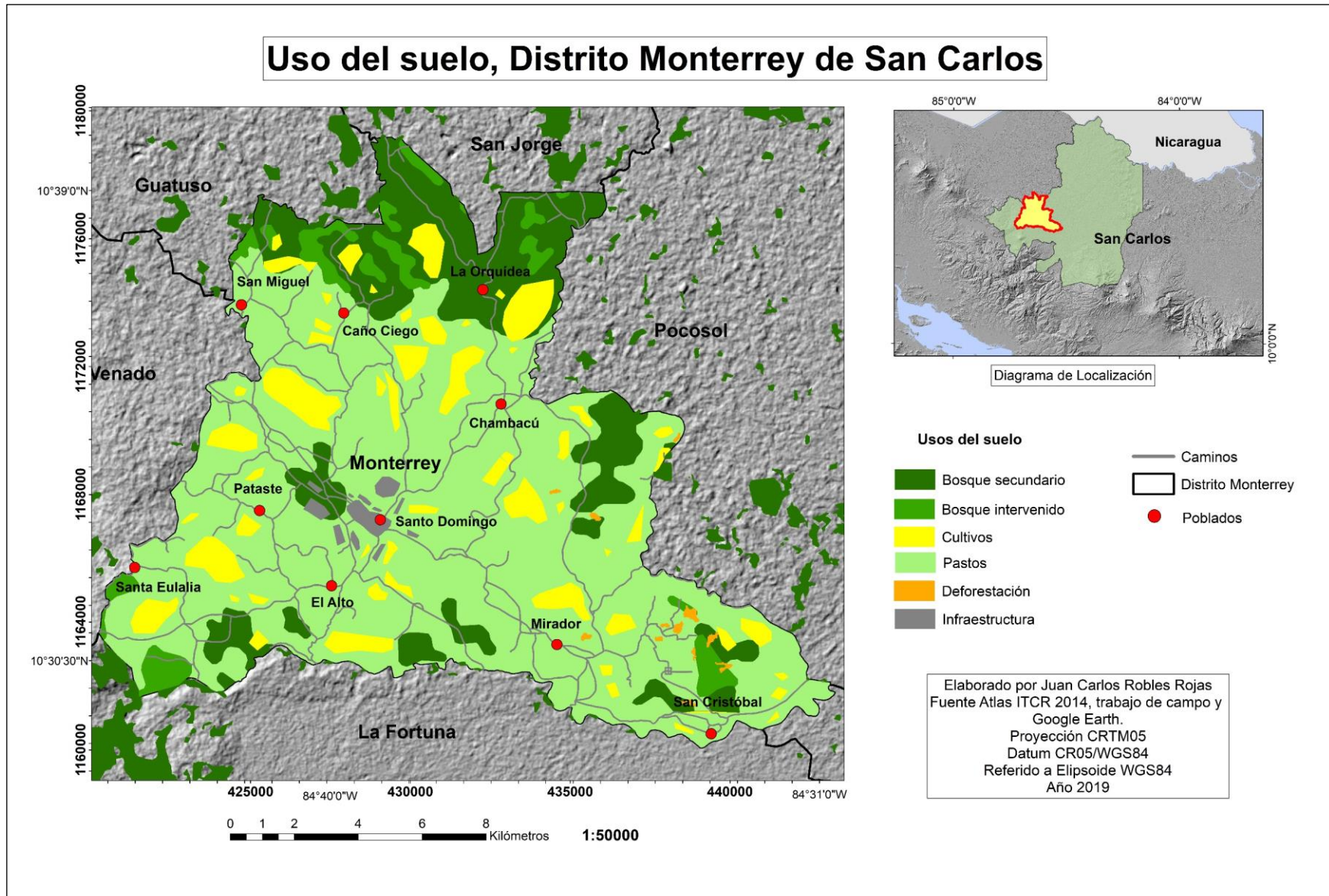
Actividades productivas:

El distrito de Monterrey de San Carlos, de forma muy similar al resto del cantón, basa sus actividades productivas en cuatro actividades principales que son la ganadería, la agricultura, los servicios y el turismo. La ganadería es la principal fuente de desarrollo en la zona, más de la mitad del territorio del distrito es destinado a la crianza de ganado de engorde y la producción lechera. Estos dos sistemas de producción son los más utilizados debido a las características del territorio. En las partes altas de Monterrey, en los poblados de El Alto, Santo Domingo, Jicarito, San Miguel, entre otros, se desarrolla principalmente la lechería para venta a empresas recolectoras propias de la zona o externas como la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L (ver figura 8).

La utilización básica es el ganado de raza Holstein y Jersey (figura 7) así como combinaciones de ellas. Por otra parte, en las zonas más bajas de llanura, hacia el norte del distrito, cerca de los poblados de La Orquídea, Chambacú, Caño Ciego y zonas cercanas a Pocosol, se practica con más frecuencia la ganadería de tipo engorde pues la característica de alta concentración de humedad y precipitaciones constantes hacen más factible la utilización de ganado resistente y amoldable a dichas condiciones. El ganado que mejor se ajusta es el Brahmán, Indo Brasil, Pardo suizo, entre otros. Todos mejor aprovechados para el engorde y venta de carne (Bellido et al, 2001).



Figura 7. Ganado de leche Holstein (izq) y de carne Brahman (der) en Monterrey de San Carlos. Fuente propia.



En la figura 8, sobre uso del suelo, se muestra de forma general las principales coberturas del distrito. El principal uso en extensión es, sin duda alguna, los pastos (aproximadamente 12 000 ha) que se utilizan en los distintos tipos de ganadería antes mencionados. En segundo lugar, se encuentra la cobertura boscosa, dividida en dos clases: bosque secundario y bosque intervenido, que cubren un área aproximada de 5 500 ha del distrito (con alguna presencia de ganadería y/o cultivos). Seguidamente las zonas de cultivos (tubérculos, maíz, frijoles principalmente), con unas 4 325 ha de terreno utilizadas, las zonas deforestadas o con suelo descubierto (67 ha) y finalmente la infraestructura, principalmente a las construcciones presentes en la cabecera de distrito Santo Domingo y la red vial (213 ha aproximadamente). Dicha caracterización de los usos actuales se obtuvo a partir de la realización de una clasificación supervisada mediante SIG, utilizando imágenes Google Earth y de forma principal, mediante el recorrido de campo de las áreas del distrito. Una vez que se obtiene la información en formato vectorial (polígonos) se calcularon las áreas mediante la herramienta de calculadora geométrica.

La agricultura de tubérculos es la principal actividad agrícola de la tierra (gráfico 1). Las amplias llanuras del norte del distrito que no se utilizan para ganadería proporcionan el espacio idóneo para el desarrollo de esta actividad. Los Ultisoles y en algunas partes Inceptisoles son los que mayormente se utilizan para cultivar principalmente yuca, tiquizque, ñampi, entre otros (Censo Agropecuario INEC, 2014).

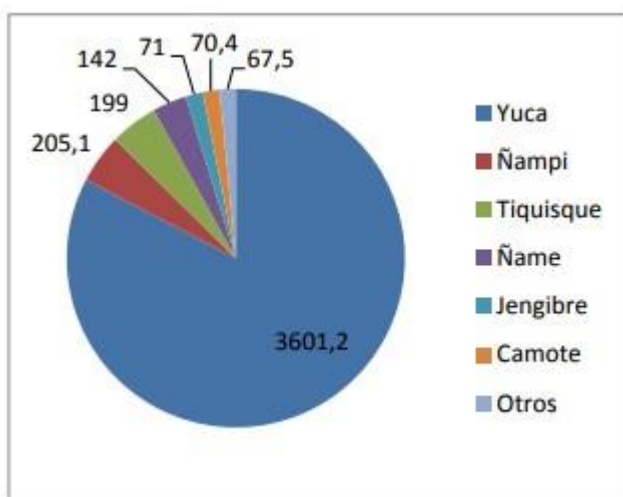


Gráfico 2. Gráfico de distribución de los principales cultivos en hectáreas, dentro del distrito de Monterrey y alrededores. Fuente Censo Agropecuario INEC, 2014.

Como se observa en el gráfico anterior, donde se expresa la cantidad en hectáreas de cada cultivo, la yuca es el principal producto cultivado en la zona seguido del ñampí y el tiquizque pues presentan mayor apertura dentro del mercado regional de la zona norte. Otros productos que se cultivan en menor medida son el maíz, los frijoles y en los alrededores del distrito de Pocosol, empieza a aparecer la piña, cultivo que domina los cantones de Los Chiles, Upala y Guatuso, así como la zona norte de San Carlos (INEC, 2014).

El sector servicios, como actividad económica, se distribuye en: alimentario, comercial, salud, financiero, seguridad y educación principalmente. Por otro lado, el sector industrial está definido por la presencia de dos actividades: el procesamiento de materia prima (tubérculos), y la venta en los mercados locales, regionales, nacionales e internacionales (PDTM, 2014-2024).

El otro eje de actividad productiva es el turismo, que, a diferencia de su vecino La Fortuna, se encuentra aún de forma incipiente en el distrito (PDTM, 2014-2024). Se reconocen al menos 3 centros de atracción turística, pero que se direccionan principalmente en la temática de turismo comunitario rural por lo que no se han explotado de forma comercial (figura 9).

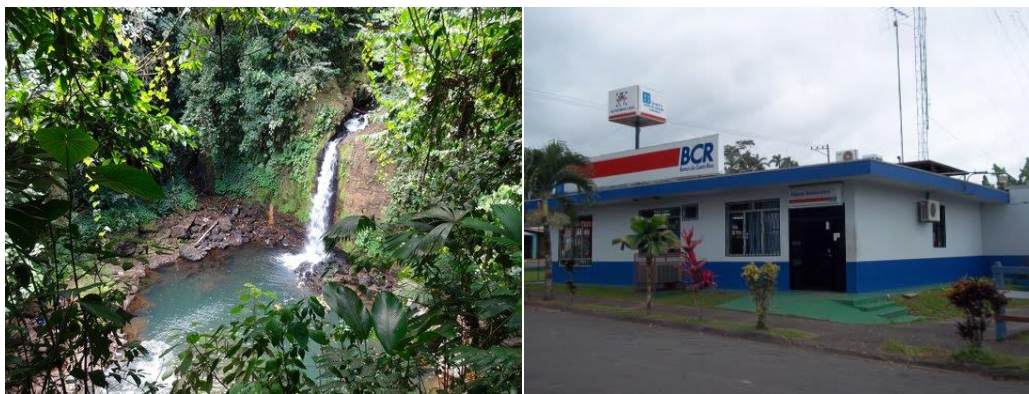


Figura 9. Catarata El Salto en Pataste de Monterrey y sucursal del Banco de Costa Rica. El primero una fuente de turismo comunitario, el segundo un servicio bancario necesario y único en la zona. Fuente propia.

Demografía y sociedad:

El cantón de San Carlos cuenta con 194 207 habitantes, de los cuales 4 120 habitan en el distrito de Monterrey (gráfico 2) cifra que lo hace uno de los distritos menos poblados (INEC,

2018). Esta situación de poca población se encuentra relacionada con la temática anterior sobre actividades productivas ya que al ser la agricultura y ganadería los principales medios de subsistencia la población que reside en la zona es menor en comparación con otros distritos como la Fortuna, altamente turístico.

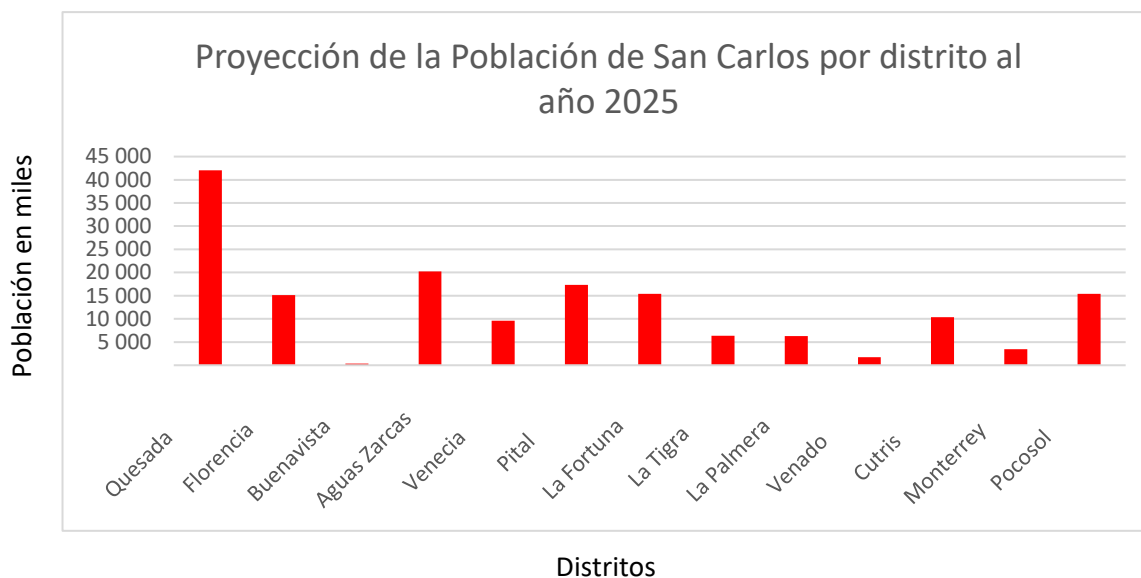


Gráfico 3. Distribución de la población por distrito en el cantón de San Carlos según proyecciones de población al año 2025. Fuente INEC, 2018.

Según las Proyecciones de Población al año 2025 para Costa Rica (INEC, 2018), de estos 4 120 habitantes, 2 107 son hombres y 2 013 son mujeres (gráfico 3); así mismo la totalidad de la población es considerada como habitante de zona rural.

Distribución población masculina y femenina del distrito Monterrey de San Carlos

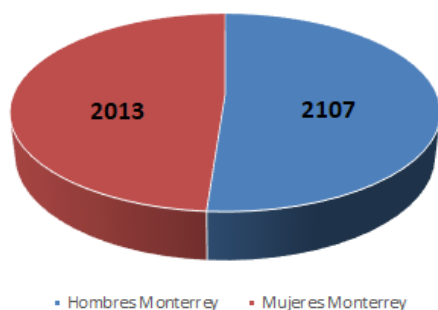


Gráfico 4. Distribución de la población masculina y femenina en el distrito de Monterrey de San Carlos. Fuente INEC, 2018.

Es importante mencionar que de la totalidad de la población del distrito aproximadamente el 75% se encuentran en edades superiores a los 15 años y actualmente representan gran parte de la fuerza productiva del distrito (aproximadamente el 62,2% de esa cifra tienen ocupación) distribuida en las actividades económicas antes mencionadas (INEC, 2018).

En zonas rurales como el distrito de Monterrey la vida en sociedad es bastante diferente a lo que conocemos de la ciudad. Las rutinas diarias son variadas y sencillas al mismo tiempo, mientras los trabajadores de las lecherías y ganaderías dedican al menos 7 horas de su día al ordeño o el manejo de los apartos, los trabajadores de los cultivos trabajan en horas de la mañana dedicando las tardes al descanso. Los más jóvenes, que poseen la capacidad económica familiar, asisten durante el día a los centros educativos y los que no, lo hacen en la noche a los colegios nocturnos. Los principales centros de esparcimiento o de reunión son los pequeños parques para niños y las plazas de futbol que se encuentran casi en cada pueblo del distrito. Actualmente, la organización comunal y los comités educativos buscan dar apertura a nuevas formas de ocio, para disminuir la incidencia de jóvenes en adicciones y la deserción escolar.

Una vez que se tiene un breve panorama de las principales características del distrito, para entender las dinámicas de la población así como sus actividades se procede a avanzar en el estudio del segundo objetivo de la investigación que se refiere meramente a la percepción ante la amenaza de deslizamientos del distrito y la estimación de la susceptibilidad a ellos, que podrían afectar en el futuro a las actividades que allí se desarrollan y al mismo tiempo permitirá realizar una planificación adecuada del espacio.

II. Descripción del escenario de susceptibilidad a deslizamientos a partir de la percepción de riesgo local y de la aplicación de técnicas de análisis geoespacial.

Uno de los objetivos de esta investigación, que es parte de los procesos necesarios para realizar una adecuada planificación rural ante la susceptibilidad al deslizamiento, es el

estudio y análisis de la percepción de los actores clave sobre la susceptibilidad al deslizamiento, el cual será comparado con la susceptibilidad del terreno a deslizarse generada por el método Mora & Vahrson (1992).

- **Percepción del riesgo:**

Como definió anteriormente Acosta (2005), la percepción del riesgo es una construcción colectiva y cultural que se desprende de las vivencias que hayan experimentado en un lugar; por lo tanto, no es un ente material objetivo sino una elaboración, una construcción intelectual de la sociedad que se presta particularmente para llevar a cabo evaluaciones sociales de probabilidades y de valores. Por tanto, la primera parte de la descripción se basa en el conocimiento que tienen ciertos actores clave en el distrito. Esta descripción realizada por los pobladores se relaciona directamente con la percepción que tienen de los peligros existentes, si es que los perciben.

Los resultados de las entrevistas se obtuvieron a partir de una serie de preguntas generadoras (ver en anexo N° 1) y estos se analizan a partir de cuatro líneas de análisis: contexto, amenazas identificadas, discusión de la percepción del riesgo y evidencias del conocimiento local del riesgo.

Contexto de los poblados.

Según lo encontrado anteriormente en el capítulo I sobre el diagnóstico físico y la entrevista número 1, realizada en El Alto de Monterrey (una de las zonas que se observan con mayor porcentaje de pendiente), se desarrolló anteriormente la ganadería de carne y el cultivo de tubérculos como yuca pero con el transcurso de los años se notó que, debido a las características de esta zona, era mejor desarrollar lecherías y dejar de lado el cultivo de la yuca M (R. Rodríguez, comunicación personal, 11 de mayo de 2018).

De acuerdo con la entrevista realizada en El Alto (número 1), durante los eventos sísmicos de 1991¹ así como en enero de 2009 durante los eventos relacionados con el terremoto de Cinchona y otros sismos durante ese mes en la zona de Venecia de San Carlos (RSN, 2009), se generaron afectaciones en zonas de repastos y algunas calles principalmente, impidiendo el tráfico normal de los pobladores e incluso generando consecuencias en el transporte de sus productos lácteos. Además, los fuertes aguaceros y frentes fríos que afectan a la zona anualmente han ocasionado daños a las nacientes y las tuberías de los acueductos así como la caída de árboles en las vías de acceso por los fuertes vientos y activación de deslizamientos (R. Rodríguez, comunicación personal, 11 de mayo de 2018).

Hacia el centro del distrito de Monterrey (entrevista número 2), específicamente en el poblado de Santo Domingo, al igual que en el Alto de Monterrey, el cambio en el uso de la tierra ha sido variable, principalmente rotando entre cultivo de tubérculos, ganadería de leche y ganadería de carne, que sin duda alguna han sido las actividades de mayor importancia en el área desde sus inicios (K. Vargas, comunicación personal, 11 de mayo de 2018). Este poblado concentra prácticamente la totalidad de las actividades y servicios comerciales, bancarios, de educación entre otros.

Hacia el este del distrito, en Chambacú (entrevista número 3), el cambio fue mucho más rápido si de uso de la tierra hablamos, en cuestión de 2 años, aproximadamente de 1992 a 1994, casi todos los pobladores pasaron de la siembra de tubérculos a iniciar procesos de ganadería de carne. Hoy día, la ganadería es la base de la economía de Chambacú (E. Varela, comunicación personal, 11 de mayo de 2018). El entrevistado presume se debió a que este sector de Monterrey de San Carlos presenta características más planas en lo que respecta a geomorfología y condiciones climáticas más secas, siendo propicias para la ganadería la cual genera mayores ingresos económicos. Esta área se extiende así, hasta Los Chiles de Alajuela, en la frontera norte con Nicaragua.

¹ Refiriéndose probablemente al día 01 de marzo de ese año, donde ocurrió un sismo de magnitud 5.7 Mw al sureste de Upala que coincide con las cercanías del distrito (RSN, 1991).

De acuerdo con el entrevistado número 3, en la zona de Chambacú, la economía se mueve alrededor de la ganadería de carne mayormente con algunos remanentes de tubérculos de clima cálido como la yuca, tiquizque, ñampí y malanga. A partir de estas condiciones planas de la zona los cauces fluviales se vuelven lentos y laminares, formando meandros propicios para regar naturalmente las grandes extensiones de pastos y ganadería extensiva. Esta condición no solo provee agua para el ganado, sino que durante la estación lluviosa estos ríos se desbordan dispersando los minerales arrastrados a lo largo de las llanuras, generando suelos idóneos para el crecimiento herbáceo necesario para la alimentación de los animales, otra posible causa del cambio acelerado en las actividades productivas.

Por último, el área al norte del distrito, en la Orquídea (entrevista número 4), se sigue utilizando desde hace muchos años para la ganadería de leche mientras que solo los grandes terratenientes se dedican al ganado de carne pues los propietarios con menor extensión de tierra no podrían sobrevivir aplicando este tipo de ganadería extensiva. La ganadería de leche requiere de menor cantidad de extensión, por lo cual, con poco material animal se puede lograr realizar ganadería de subsistencia y obtener beneficios diarios (producción de leche, queso, natilla, mantequilla). Al contrario, si un productor con poco terreno se dedica a la ganadería de carne, debe esperar entre 4 y 7 meses para poder obtener ganancias al vender sus toros con un peso adecuado. Este tipo de actividad beneficia a quienes tienen mucho terreno y pueden distribuirlo en lotes con animales de distintos tamaños y pesos, obteniendo réditos todo el año (C. Gonzáles, comunicación personal, 11 de mayo de 2018).

En este sector del distrito se combinan las condiciones climáticas y de pendiente idóneas para llevar a cabo la ganadería de “doble propósito” la cual consiste en combinar lo mejor de la producción de leche y productos lácteos con la venta de carne bovina. Se busca, mediante el establecimiento de un sistema de apartos específicos, ordenar la finca de manera que las zonas cálidas y llanas sirvan para la crianza de ganado para la venta y, por otro lado, las zonas de mayor pendiente con condiciones frescas, aptas para el crecimiento de pastos, sean utilizados para lecherías. De esta forma se maximiza el espacio y se intensifica la producción en este tipo de fincas pequeñas y medianas.

Amenazas identificadas.

En la figura 10 se observa espacialmente lo recopilado sobre amenazas percibidas por los entrevistados, es decir, las zonas con morfologías asociadas a deslizamientos antiguos, deslizamientos actuales y zonas de peligro descritas por los entrevistados y otros encontrados por el investigador, que permiten reconocer y ubicarse en el contexto del área de Monterrey de San Carlos. De acuerdo con la entrevista realizada en el Alto de Monterrey (número 1), la principal amenaza que se puede identificar son los deslizamientos. Las consecuencias de este tipo de amenaza se ven disparadas por los factores sísmicos que ocurren seguidamente en el área, combinados con las altas precipitaciones anuales.

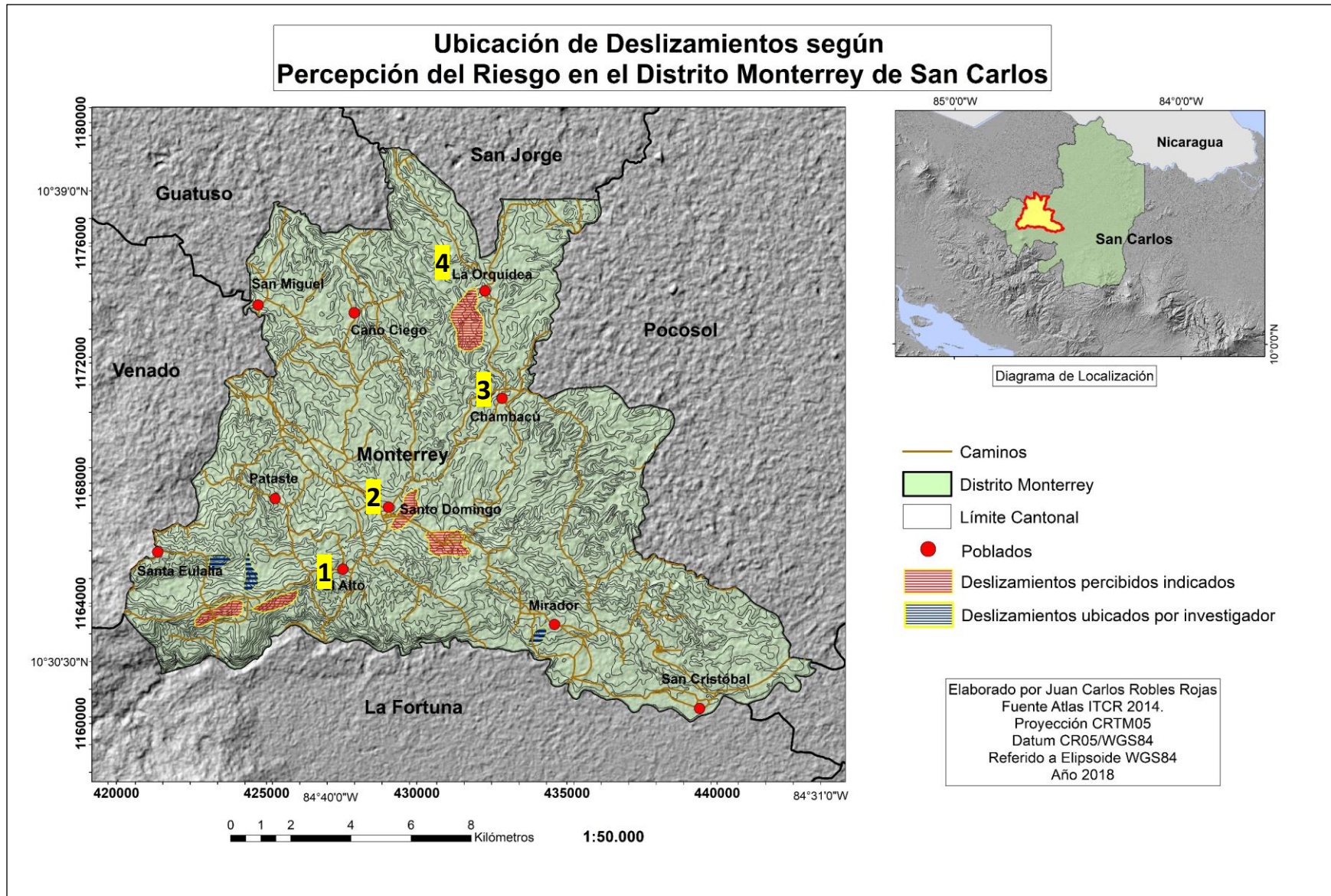


Figura 10. Mapa de ubicación de morfologías asociadas a deslizamientos percibidos por los pobladores y otros identificados por el investigador. Fuente Atlas ITCR 2014, trabajo de campo.

En ese sentido se identifica una problemática de tipo socioeconómico, principalmente por las afectaciones que estos eventos causan a la actividad ganadera en su mayoría (pérdida de repastos, destrucción de pastos, bloqueo de calles, roturas de tuberías, entre otros). Las descripciones de zonas de potencial peligro de deslizamiento que identifica el entrevistado se pueden esbozar en el siguiente croquis (figura 11), donde las flechas en color azul indican la dirección del movimiento de la masa;

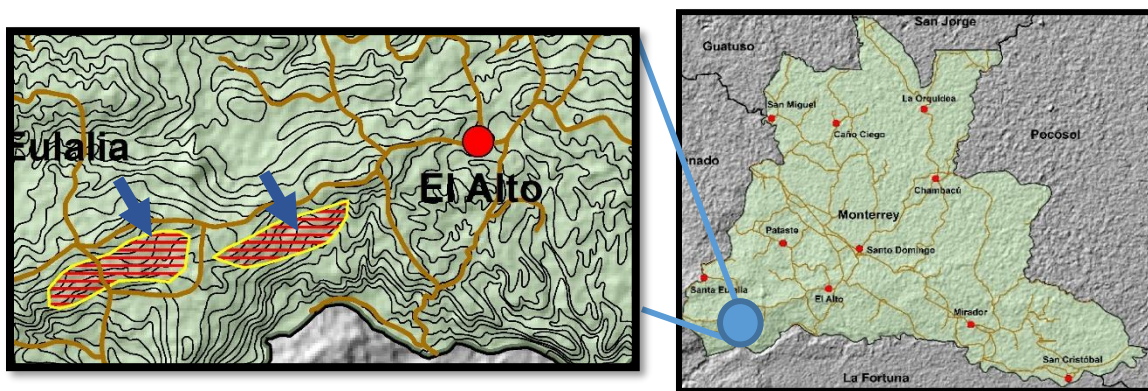


Figura 11. Los polígonos con tramado de rayas rojas muestran las zonas que presentan susceptibilidad o afectación por deslizamiento, basándose en el conocimiento de la zona del entrevistado y en eventos pasados. Elaboración propia.
Fuente: R. Rodríguez, comunicación personal, 11 de mayo de 2018.

Además, durante los recorridos realizados en el Alto de Monterrey se pudo comprobar la existencia de zonas que presentan incidencia de deslizamientos, ya sean antiguos o recientes, tal y como se observa en la figura 12 (la flecha azul indica la dirección del movimiento en masa);

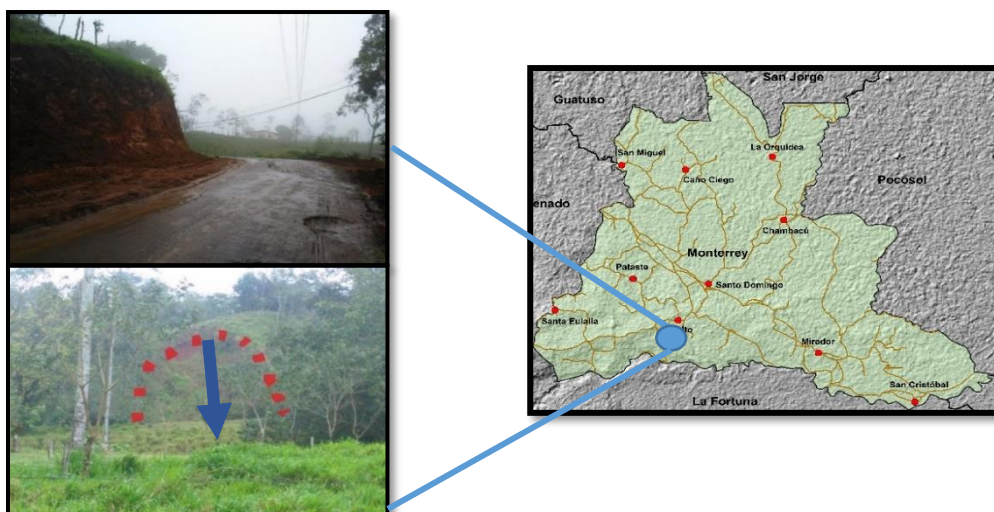


Figura 12. A la izquierda arriba, se observan los trabajos de limpieza de la carretera realizados en febrero del 2018, debido al deslizamiento de un sector de la ladera un tiempo después de la tormenta Nate. Abajo, antiguo deslizamiento frente a la misma carretera. Fuente propia.

En el sector central de Monterrey (entrevista 2), a partir de los datos más relevantes proporcionados por el entrevistado se pudo identificar al menos tres áreas de importancia, que podrían ser catalogadas bajo amenaza.

La primera y de mayor relevancia se sitúa en el centro del poblado. Se trata del río Purgatorio el cual se encuentra socavando una zona específica a orillas de su cauce y que se encuentra a punto de alcanzar al menos tres casas de habitación (figura 13).

El accionar del río, así como las fuertes lluvias y los movimientos sísmicos, como el último de gran magnitud referido al terremoto de Nicoya en 2012 (RSN, 2012), han ocasionado movimientos de tierra en esa área, pero las casas de habitación continúan allí. Estos procesos lentos pero constantes pueden desencadenar en un futuro próximo daños graves e incluso pérdidas humanas.

Las otras dos zonas con amenaza de deslizamiento identificadas se encuentran en el mismo sector y se refieren a movimientos de tierra que han afectado históricamente las vías de acceso hacia el centro del poblado de Santo Domingo (figura 13) y que aún se siguen tratando de corregir con ayuda de la Municipalidad y la asociación de desarrollo.

El sector central de Monterrey cuenta con al menos 4 vías de acceso de las cuales solo 2 se encuentran en condiciones favorables para el tránsito de cualquier tipo de vehículo, en las otras 2 solo se puede transitar con vehículos 4x4.

Los últimos deslizamientos ocurridos, ubicados por el entrevistado número 2 en el sector central de Monterrey, se encuentran justamente en las dos rutas de acceso principales, como se vé en la figura 13 (y que son aptas para todo tipo de vehículo), afectando periódicamente el movimiento regular de servicios de buses, particulares, mercadería y en general la salida y entrada de productos a la zona (K, Vargas, comunicación personal, 11 de mayo de 2018).

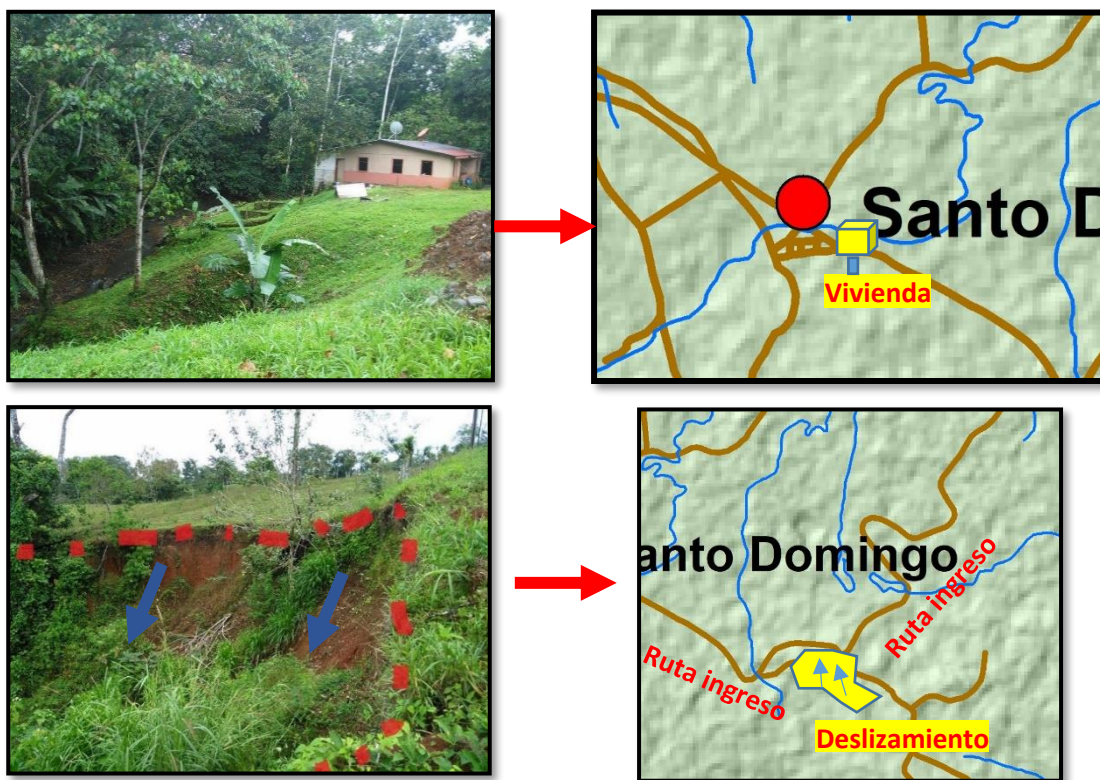


Figura 13. Arriba se observa la vivienda que se encuentra con alto peligro de deslizarse hacia el río. Abajo, la zona de constante deslizamiento a orillas de la carretera principal que conecta a Monterrey con Ciudad Quesada. Fuente K. Vargas, comunicación personal, 11 de mayo de 2018.

En el caso de Chambacú, el entrevistado número 3 señala que de los sismos más recientes ocurridos en Costa Rica ninguno ha afectado el poblado de forma directa, ni tampoco ocasionando deslizamientos, esto debido a las condiciones de menor pendiente y a lo compactado del suelo debido al sobrepastoreo que causa la ganadería. (E. Varela, comunicación personal, 11 de mayo de 2018).

Por otro lado, los deslizamientos que han ocurrido cerca del pueblo, en las pocas fincas que principalmente se dedican a los cultivos, se han debido principalmente a fuertes lluvias durante periodos de tiempo prolongados, los llamados “temporales”. Esto ocurre debido a que la actividad agrícola de tubérculos requiere un manejo de la tierra más brusco, es decir, se debe hacer remociones de suelo, rastreo, arado, aporcamiento y demás técnicas de cultivo, en pro de facilitar la inserción de las semillas. Al momento de la llegada de la estación lluviosa y los temporales estos suelos tienden a ser más inestables que los utilizados por el

ganado bovino y ocurren deslizamientos. Por esta razón, algunas de estas zonas han tenido que ser controladas mediante técnicas artesanales de manejo de suelos como la utilización de curvas de nivel (E. Varela, comunicación personal, 11 de mayo de 2018).

Además, mediante un croquis realizado por el entrevistado número 3 en el poblado de Chambacú se identificó una zona con afectación por deslizamientos que ha sido recurrente en los últimos 40 años (E. Varela, comunicación personal, 11 de mayo de 2018). En la visita de campo se comprobó que esta área muestra una corona de un proceso de remoción antiguo, las flechas indican la dirección de la masa tal y como se ve a continuación en la figura 14;

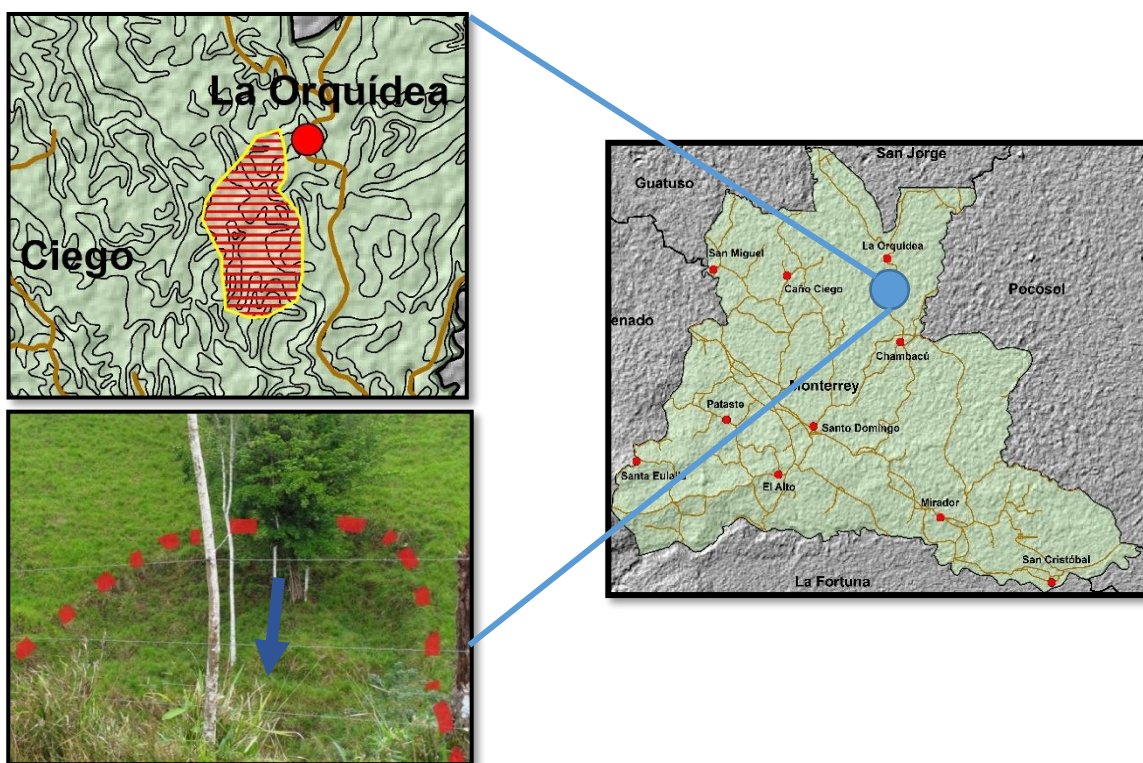


Figura 14. A la izquierda arriba se observa el croquis realizado por el entrevistado, abajo la misma zona demarcada en el croquis donde se observan coronas de deslizamientos pasados. Fuente E. Varela, comunicación personal, 11 de mayo de 2018.

Como se observó en las imágenes anteriores, la identificación realizada por el entrevistado número 3 fue muy atinada. Existen zonas con cicatrices de deslizamientos pasados, de unos 40 años atrás, los cuales han afectado varias zonas de repasto de ganado y al mismo tiempo la economía de los pobladores años (E. Varela, comunicación personal, 11 de mayo de 2018). En las zonas de cultivos aledaños a este pueblo, donde se acostumbra a observar

deslizamientos, fue complicado distinguir cicatrices de antiguos movimientos de suelo, debido a la constante transformación y uso que se les da actualmente, con cultivos de yuca, malanga y tiquizque, por ejemplo.

En el sector de la Orquídea (entrevista número 4) el último sismo de gran magnitud identificado fue en 2009, aunque según el entrevistado no dejó mayores daños físicos; solo algunos árboles caídos, tuberías rotas (en zonas de muy difícil acceso, por lo cual fue imposible ubicar con exactitud), entre otros daños. En este poblado las principales emergencias ocurren por las crecidas del río Purgatorio, el cual en varias ocasiones ha dejado sin paso a la comunidad y ha dañado algunas zonas de repasto (figura 15). Sumado a esto, se observan pequeños deslizamientos poco importantes en las laderas de las quebradas y del río Purgatorio (C. Gonzáles, comunicación personal, 11 de mayo de 2018). De acuerdo con la entrevista realizada, esta zona no presenta mayor problema en cuanto a deslizamientos, pero se denota el gran aporte que podría dar una espacialización de la susceptibilidad a los deslizamientos, pues generaría una herramienta visual que permitiría a los productores realizar su planificación productiva a través de una base sólida de carácter científico.

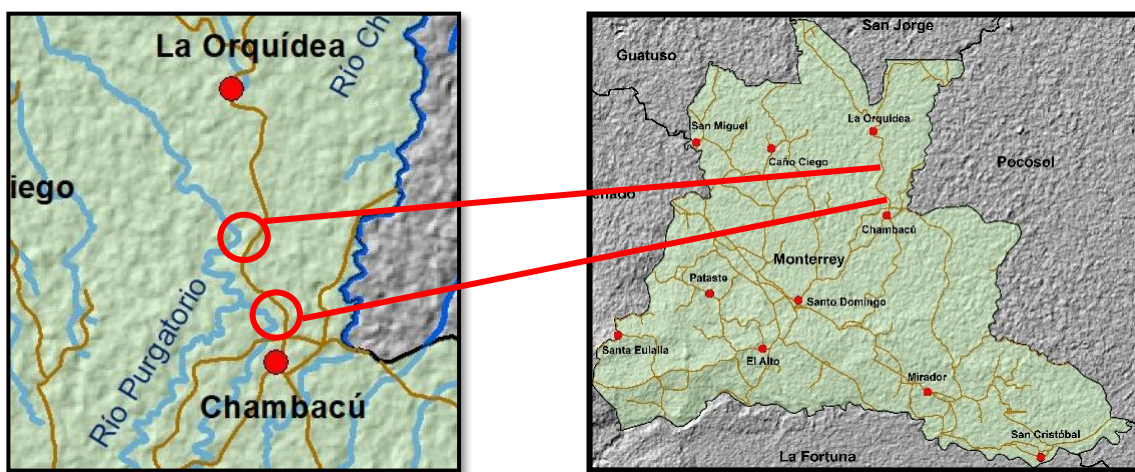


Figura 15. A la izquierda se observa el área donde normalmente se desborda el río Purgatorio, dejando sin paso a la comunidad de La orquídea. Fuente C. Gonzáles, comunicación personal, 11 de mayo de 2018.

Finalmente, y de acuerdo con todos los actores consultados, la amenaza en cuestión puede no significar un problema grave, sin embargo, se puede notar la necesidad de información clara y descrita de forma sencilla para fomentar una cultura preventiva ante futuros

acontecimientos. Esta necesidad está dicha expresamente por los entrevistados pues, según su criterio, no se puede comprender una amenaza o un eventual peligro, si ni siquiera se sabe dónde se ubica.

La mezcla de deslizamientos a orillas de los cauces fluviales y las crecidas torrenciales podrían provocar otro tipo de fenómeno que generaría graves daños eventualmente en los territorios cuenca abajo.

Discusión de la percepción del riesgo.

Los resultados de la entrevista realizada en el Alto de Monterrey (entrevista número 1), muestran varios aspectos de importancia. El primero es que realmente existe el peligro de deslizamiento en esta parte del distrito y queda evidenciado tanto en la explicación brindada por el entrevistado número 1 como en las visitas al campo. Segundo, se visualiza la presencia de algún grado de riesgo a sus actividades económicas y por lo tanto una amenaza real en su cotidianidad y tercero, que las pérdidas económicas son frecuentes para los productores lo cual en el largo plazo genera disminuciones en las ganancias de sus actividades.

En ese sentido, el investigador y el entrevistado realizaron una estimación de estas pérdidas económicas mencionadas. En el caso del entrevistado número 1 hablamos de la actividad de ganadería de leche. Según lo explicado por Rodolfo Rodríguez, en un día se pueden producir **1000 litros** de leche, esto mediante el ordeño de **60 vacas**, las cuales requieren de **60 hectáreas** para desarrollar adecuadamente su potencial lechero. Por otro lado, la empresa recolectora de leche paga a **₡300 colones el litro** de leche.

En resumidas cuentas, si suponemos una posible pérdida de 1 hectárea por deslizamientos esto se traduciría en 1 vaca menos en la finca, quiere decir que se dejarán de producir aproximadamente 17 litros de leche, por tanto, se estiman unos **₡5 100 colones menos** de ganancia diarios (R. Rodríguez, comunicación personal, 11 de mayo de 2018).

La zona de El Alto de Monterrey es meramente ganadera, como se mencionó la producción lechera es el principal sustento por lo que la pérdida de ese suelo utilizable para producción

de pastos significa una disminución de ganado que se puede alimentar y por tanto una disminución en la producción de lácteos que se comercializarán (¢5 100 colones menos diarios). Vale la pena decir que una disminución de algunos metros cuadrados en su finca representa una pérdida notable.

La percepción del entrevistado sobre la importancia de los deslizamientos es de 5 puntos de 10 (donde 0 se refiere a una amenaza inexistente y 10 a una amenaza latente), lo cual incluso podría parecer baja si se toma en cuenta que el problema descrito es prácticamente constante anualmente. Para grandes productores probablemente no sea tan dañino, pero si trasladamos la amenaza en cuestión a fincas más pequeñas de la zona se vuelve bastante considerable (R. Rodríguez, comunicación personal, 11 de mayo de 2018).

En resumen, se podría decir que el productor entrevistado se muestra medianamente consciente de la amenaza que le aqueja, esto probablemente porque las consecuencias negativas recibidas las ha evidenciado a través de los años en periodos muy lejanos de tiempo, es decir; cada vez que ocurre algún evento importante en el país (terremotos, huracanes, ondas tropicales, etc.). Según Peraldo & Mora (2017), siempre hay limitaciones que obstaculizan de una forma u otra el ejercicio de reconstruir la memoria, por ello puede ser que un peligro parezca de menor importancia para unos que para otros. Estas limitaciones se reconocen en:

“...la distorsión de la memoria por matices propios de la persona, si la persona fue o no testigo presencial, manipulación de la memoria histórica en función de intereses particulares, confusión por referencias de otros acontecimientos históricos similares o de diferente origen, que originaron un estrés comunal importante”.

Por otro lado, aunque se denota su conocimiento sobre las zonas que han tenido mayor afectación, el entrevistado no posee las herramientas adecuadas o quizá el asesoramiento idóneo para mitigar los impactos en su finca y de esta forma impedir que las pérdidas de suelo sean cada vez más graves. La necesidad de medidas de regulación argumentadas científicamente y que proporcione opciones de adaptación e incluso diversificación en la

forma de producción se visualizan necesarias en el futuro cercano de esta zona productiva del distrito.

En el caso del centro del distrito de Monterrey (entrevista 2), las zonas descritas por el entrevistado sin duda alguna son de relevancia por el simple hecho de que involucran, en primer lugar, su preocupación por la protección de vidas humanas y, en segundo lugar, por resguardar el sustento de todo un sector que necesita de las vías de comunicación para comercializar y movilizarse a diario (K, Vargas, comunicación personal, 11 de mayo de 2018). En la entrevista realizada se puede denotar de igual forma una conciencia del peligro en que se encuentran estos sectores, pero al mismo tiempo cierta pasividad en la espera de soluciones que vengan directamente de la institucionalidad.

A partir del conocimiento del investigador en el área de estudio y lo descrito por el entrevistado número 1 se puede entender que la información institucional en temáticas sobre la Gestión del Riesgo ha sido muy escasa en el distrito; la pobre existencia de estudios de amenaza y de vulnerabilidad así lo demuestran. Sumado a esto, el comité local de emergencia de Monterrey dejó de estar presente en los últimos años (K. Vargas, comunicación personal, 11 de mayo de 2018).

Ante esta aseveración, el investigador constató la información al contactar al oficial de enlace de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE), en el cantón de San Carlos, específicamente en la Municipalidad; la señora Jenny Chacón Agüero, quien explica la existencia como tal de un comité que activa sus protocolos a nivel de cantón desde su cabecera, es decir, Ciudad Quesada, pero que no tiene presencia en cada distrito como tal. Existe un plan para representar esta figura de forma solida en cada zona, debido a lo amplio del área, pero aún no sé concretó (J. Chacón, comunicación personal, 26 de agosto de 2019). Por esta razón, es que el entrevistado siente una desarticulación del comité distrital, ya que, al existir solamente una figura municipal, se percibe como un recurso difícil de acceder, para plantear temas que no estén referidos únicamente al momento de la emergencia, tales como prevención, mitigación, planificación y gestión anticipada de zonas susceptibles.

El problema aquí es grave pues la mezcla perfecta para obtener un evento desastroso combina la vulnerabilidad institucional y la vulnerabilidad educativa de algunos pobladores, que aun conociendo el peligro y las consecuencias que pueden ocurrir continúan de brazos cruzados (K, Vargas, comunicación personal, 11 de mayo de 2018).

Según se expresa en la entrevista número 2 realizada, el poblado de Santo Domingo, en el centro de Monterrey, necesitaría mayor apoyo institucional para integrar a las asociaciones comunales existentes (ASADAS aledañas, Asociación de Desarrollo Integral, Juntas Directivas de Educación, etc.) y conformar sólidamente un comité local de emergencia que esté atento ante estas situaciones, en coordinación con la municipalidad, pero que además se nutra de estudios y propuestas que mejoren la condición de vida de estas personas en riesgo. De acuerdo con el entrevistado número 2, la peligrosidad de los deslizamientos y las áreas descritas se puede valorar en este caso, con un 8 de 10, debido a que hablamos de familias en peligro (al menos 3 familias, para un total de 7 habitantes) y vías de comunicación indispensables (K, Vargas, comunicación personal, 11 de mayo de 2018).

Por otro lado, se puede observar que el poblado de Chambacú (entrevista número 3) presenta características más planas que el resto del distrito y se denota que, aunque hay zonas que para el entrevistado pueden ser peligrosas por la cercanía a zonas de cultivos y el cauce de ríos, la relevancia de los deslizamientos le parece muy poca. Clasificó con un 1 de 10 esta problemática (E. Varela, comunicación personal, 11 de mayo de 2018).

Entendiendo las actividades económicas que se realizan en esta área, es posible saber que para la ganadería de carne las pérdidas dispersas de suelo no son algo tan grave como si lo es para la ganadería de leche, por 2 razones: la primera es que en el negocio de la carne, el ganado no depende en su totalidad de las hectáreas cubiertas de pasto que se tengan ya que su principal sustento viene de alimentación mediante sal, miel, agua y minerales que se les colocan en pequeños establos alrededor de la finca; en la ganadería de leche el ganado necesita el pasto para poder generar la leche en sus sistemas orgánicos. La segunda tiene que ver con que las ganaderías de carne se manejan en zonas planas y cálidas por los requerimientos propios del tipo de ganado, lo cual hace que las probabilidades de

deslizamientos sean pocas y por lo tanto en la percepción del actor clave y trabajador de esta zona esta amenaza no representa gran importancia.

Aun así, como menciona el entrevistado número 3, hay zonas que podrían eventualmente ser de peligrosidad debido a la cercanía con zonas de cultivos y cauces de ríos. Se procedió, al igual que para la producción lechera, a estimar las probables pérdidas económicas que significaría perder 1 hectárea de suelo en la producción agrícola. El principal cultivo en la zona es la yuca, en **1 hectárea** se obtienen aproximadamente **9 000 kg** de yuca, el precio por kilogramo que se paga en el mercado actual es de **¢100 colones**. Entonces, si se pierden **1 hectárea de suelo**, el productor perderá **9 000 kg de yuca**, que equivaldrían a **¢900 000 colones** menos de ganancia (E. Varela, comunicación personal, 11 de mayo de 2018).

Sin embargo, por las características físicas del área, la amenaza que se vuelve relevante en esta área es la de inundación o desbordamiento de ríos. Durante la estación de temporales los meandros de los cauces fluviales sobrepasan sus límites y es cuando se generan mayores daños en las fincas y hasta la pérdida de ganado. Los factores económicos y comerciales en este caso definen la percepción del riesgo que se tiene; el entrevistado número 3 sabe que la amenaza de desbordamiento está más presente en la zona de Chambacú por ello no pone su énfasis en los deslizamientos ya que una “llena” del río les generaría más daños (E. Varela, comunicación personal, 11 de mayo de 2018). Se propondrá, para un futuro análisis, centrarse en la delimitación y caracterización de las principales áreas inundables en la zona norte de San Carlos.

Sin duda alguna, en el poblado de la Orquídea de Monterrey (entrevista 4) la percepción sobre el riesgo a sufrir daños por deslizamientos es muy distinta a la descrita anteriormente en las otras zonas del distrito. Las características del espacio físico y las condiciones atmosféricas imperantes durante la mayor parte del año hacen que esta amenaza sea quizá, una de las menores preocupaciones. En un espacio donde las llanuras de la zona norte empiezan a extenderse (basándose en los mapas el mapa de pendientes generado a partir de las curvas de nivel de la hoja Monterrey a escala 1: 50 000), los desprendimientos de tierra son escasos y los daños percibidos son mínimos por los productores. Se puede comprender

que la percepción sobre el riesgo a sufrir daños por deslizamiento no sea tan clara pues en muchas de las fincas, la mayor preocupación durante el año es lograr abastecer sus lecherías y establos de agua, elemento que se vuelve bastante escaso durante la época seca (C. Gonzáles, comunicación personal, 11 de mayo de 2018).

En una zona donde la actividad principal es la ganadería de carne es importante estimar cual sería la eventual pérdida económica si ocurriera un deslizamiento que genere daños al terreno. El entrevistado número 4 explica que cada cabeza de ganado necesita al menos una hectárea de terreno para desarrollar su máximo potencial de carne, por lo tanto, si se pierden **1 hectárea de suelo** perdemos **1 cabeza de ganado**. En el mercado actual, el valor en pie de un **toro de 700 kg**, es de **¢1 500 colones por kg**, es decir la pérdida de 1 hectárea de terreno provocaría la disminución de 1 cabeza de ganado y, por lo tanto, **¢1 050 000 colones** de menos en las ganancias (C. Gonzáles, comunicación personal, 11 de mayo de 2018).

Por otro lado, aunque el conocimiento científico sobre estos eventos es básico entre los productores, es importante destacar que el aprendizaje empírico obtenido a lo largo de los años les ha permitido adaptarse en alguna medida y mitigar los impactos de las amenazas que sí los afectan mayormente, enseñanzas que permitieron realizar una planificación básica, de acuerdo a sus conocimientos y posibilidades sobre las mejores actividades productivas a desarrollar a partir de las características y oportunidades que el espacio les ofrece.

En la Orquídea, el entrevistado número 4, dio una calificación de 2 sobre 10 a la importancia de la amenaza de deslizamiento (C. Gonzáles, comunicación personal, 11 de mayo de 2018) aunque su comentario acerca de la necesidad de conocer el espacio geográfico donde se vive brinda una idea de la apertura que presentan los pobladores de la zona a explorar las posibilidades de planificación del distrito, para generar una optimización del territorio mediante el ordenamiento y disminuyendo así un potencial riesgo futuro y las graves pérdidas que se estima que podrían ocurrir.

Evidencias del conocimiento local del riesgo.

A partir de lo estudiado durante las entrevistas de campo con los personajes clave de los principales poblados de las distintas zonas del distrito se puede evidenciar el gran conocimiento que tienen los mismos del espacio en donde viven. El conocimiento se denota no porque los entrevistados atinen exactamente con zonas de susceptibilidad sino porque conocen su espacio geográfico como tal, en el sentido que pueden indicar cuales áreas son las que eventualmente les generarían mayores consecuencias negativas y esto es importante tomar en cuenta a la hora de valorar su aporte.

Estos pobladores dejaron claro conocer las distintas áreas de sus pueblos con facilidad, pudiendo indicar zonas que, para ellos, se muestran como de peligro según sus percepciones (cuestión que se confrontará con el análisis técnico geoespacial). Si bien para algunos es en menor o mayor medida importante dicha amenaza, a la hora de discutir sobre las implicaciones de la expresión de los deslizamientos en el espacio y su dinamismo mezclado con las actividades productivas se descubre que sí se tiene la noción de lo que es y a qué se enfrentan como amenaza en caso de que ocurran con mayor constancia.

En cada sector del distrito se logra de forma transversal observar cómo las actividades económicas ya establecidas pueden, de forma directa o indirecta, verse afectadas por la incidencia de esta amenaza. Las zonas de repasto, el material humano y agrícola, el ganado, las vías de comunicación, la interrupción de los servicios básicos y demás están en juego.

Es muy provechoso de igual manera, para efectos de esta investigación, encontrar que todos los entrevistados se muestran anuentes a participar en procesos o actividades que mejoren la calidad de vida de su distrito, aun cuando esto tiene que ver con un reordenamiento del espacio. Al mismo tiempo, todos indicaron que sería mejor si se tuviera una forma clara de saber dónde es seguro habitar y trabajar y dónde no lo es. Esto abre un panorama amplio para desarrollar técnicas de gestión territorial y de riesgos en pro de planificar adecuadamente según la capacidad del espacio, un posible futuro desarrollo urbanístico, turístico u agropecuario.

Como forma de resumen, en el siguiente cuadro 3 se puede visualizar de forma concisa lo percibido por los entrevistados.

Cuadro resumen de la Percepción del Riesgo, Monterrey de San Carlos.

Lugar	Contexto	Amenazas	Percepción del Riesgo
El Alto	<p>Zona lechera, economía local de producción con sectores agrícolas de tubérculos.</p> <p>Mayores pendientes del distrito.</p>	Deslizamientos provocados en apariencia por fuertes temporales y sismos pasados.	<p>La incidencia de deslizamientos genera la pérdida de pastos para el ganado y daña el acueducto rural. El efecto de los deslizamientos es grave para los productores de leche y para los agricultores.</p> <p>1 hectárea de tierra menos significa menos producción (Q5 100 colones menos al día). Consientes sobre el peligro y las consecuencias que existen. Puntuación de 5 sobre 10 de parte del entrevistado.</p>
Santo Domingo	<p>Centro económico del distrito. Zona de servicios. Cambió de uso agrícola y ganadero a usos variables.</p>	<p>Ubicación de viviendas a orillas del río con posibilidad de deslizarse durante intensas lluvias o durante las crecidas.</p> <p>Deslizamientos que bloquean las principales rutas del distrito (ruta 4, corredor noratlántico).</p>	<p>Es necesario identificar de forma espacial las zonas de posible afectación. La vida de seres humanos está en riesgo (al menos 7 personas de 3 familias distintas), así como la estructura vial de acceso a la zona.</p> <p>Entrevistado asigna una puntuación de 8 sobre 10 en importancia de la temática de amenaza de deslizamientos. Necesidad de mayor apoyo institucional y de la reactivación del comité local de emergencia.</p>
Chambacú	<p>Zona agrícola y de lecherías de subsistencia. Inicio de las llanuras del norte.</p>	<p>Deslizamientos en algunas zonas adyacentes a ríos.</p> <p>Principal problema las crecidas de los ríos.</p>	<p>Entrevistado da un 1 sobre 10 en importancia a la amenaza de deslizamientos. Principal preocupación las crecidas torrenciales y afectación a cultivos (pérdidas posibles de hasta Q900 000 colones en yuca)</p> <p>Importante la mención de la necesidad de contar con mayor material de apoyo visual</p>

			(mapas), sobre la temática de identificación de amenazas.
La Orquídea	<p>Ganadería de carne y leche (doble propósito).</p> <p>Pequeños poblados dispersos. Área llana y seca del distrito, con sectores de pendientes en los ríos.</p>	<p>Sequías, deslizamientos en laderas de ríos y en repastos. Crecidas torrenciales.</p>	<p>La amenaza de deslizamiento no es una de las principales preocupaciones. Aun así, de ocurrir, habría pérdidas de hasta ¢1 050 000 colones en cabezas de ganado.</p> <p>Las sequías son uno de los problemas más graves.</p> <p>Calificación de 2 sobre 10 a la temática, aunque el entrevistado expresa la necesidad de realizar una mejor planificación y ordenamiento del espacio a futuro.</p>

Cuadro 3. Cuadro resumen de los aspectos más relevantes de las entrevistas con actores claves del distrito. Fuente elaboración propia.

- **Susceptibilidad a deslizamientos:**

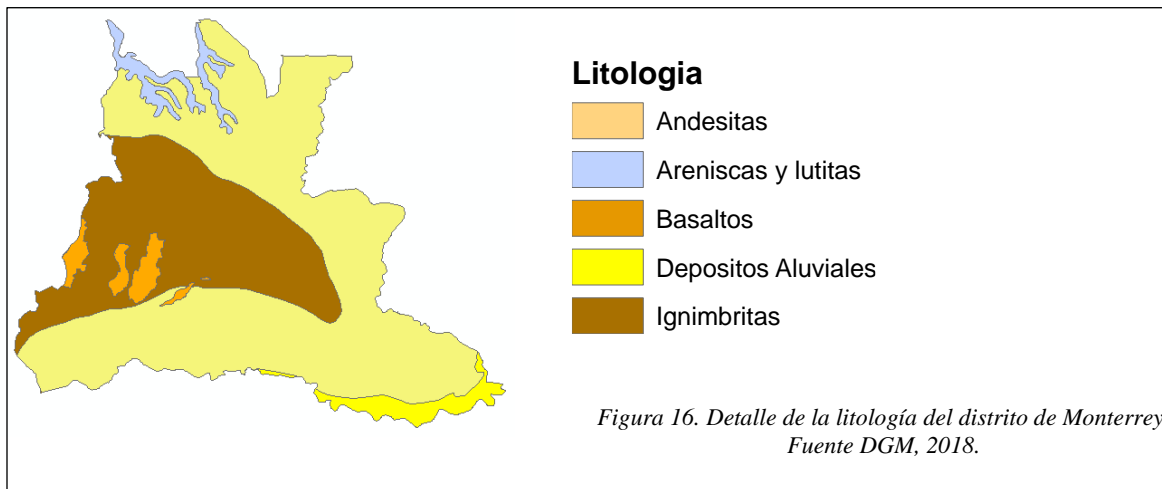
El segundo paso para entender la susceptibilidad a deslizamientos, además de conocer la percepción de las personas, es identificar mediante un análisis técnico, las zonas con potencial susceptibilidad a deslizarse. Como se explicó en el capítulo metodológico, se aplicó el método Mora – Vahrson (1992), el cuál realiza la combinación de varios parámetros y factores. En nuestro caso se utiliza dicha metodología con una modificación que es la utilización del factor de pendientes en lugar del factor original de relieve relativo. Esta modificación se basa en los trabajos realizados por Mora & Saborío (2018) donde se utiliza dicho parámetro pasivo en la creación del factor de susceptibilidad.

Estos parámetros se obtienen de la observación de indicadores morfodinámicos y su distribución espacio-temporal. La combinación de los factores se realiza considerando que los deslizamientos ocurren cuando una ladera compuesta por una determinada litología, con un cierto grado de humedad y con cierto porcentaje de pendiente, adquiere un grado de susceptibilidad (Mora & Vahrson, 1992). Bajo estas condiciones, los factores externos y dinámicos, como la sismicidad y las lluvias intensas, actúan como elementos de disparo que generan condiciones de inestabilidad. Por ello, se considera que el grado de susceptibilidad es producto de factores pasivos y de la acción de los elementos de disparo. Cada factor define un índice de influencia para determinado sitio y con él, al combinarse de acuerdo con su peso específico ponderado, permite obtener un valor relativo de la susceptibilidad (Mora & Vahrson, 1992).

Así, los factores pasivos serán aquellos que intrínsecamente forman parte de las propiedades y comportamiento del medio, es decir, que constituyen los elementos pasivos como la pendiente del terreno, su constitución litológica y las condiciones usuales de su humedad natural. Los otros factores son los de disparo, que inducen desde el exterior hacia un comportamiento dinámico activo que, a partir de las condiciones iniciales, generarán con mayor o menor intensidad los fenómenos decisivos de movilización. Se trata de la intensidad de los sismos y de las lluvias (Mora & Vahrson, 1992; Mora & Saborío, 2018). El primer paso

es transformar los datos sobre los indicadores morfodinámicos y factores de disparo a datos geoespaciales o ráster.

Parámetro de susceptibilidad por litología (S_L):



La figura 16 muestra el detalle de la litología transformada en un archivo ráster. Se pueden observar los diferentes grupos antes mencionados según la metodología de susceptibilidad; ignimbritas del Plioceno y Cuaternario, lavas muy alteradas (andesitas) y los depósitos aluviales del cuaternario. Agregando a esto los afloramientos de basaltos, areniscas y lutitas. (Rojas, 2019). Estas litologías fueron reclasificadas según los parámetros de susceptibilidad establecidos por la metodología Mora & Vahrson (1992), descrita de la siguiente forma (cuadro 4):

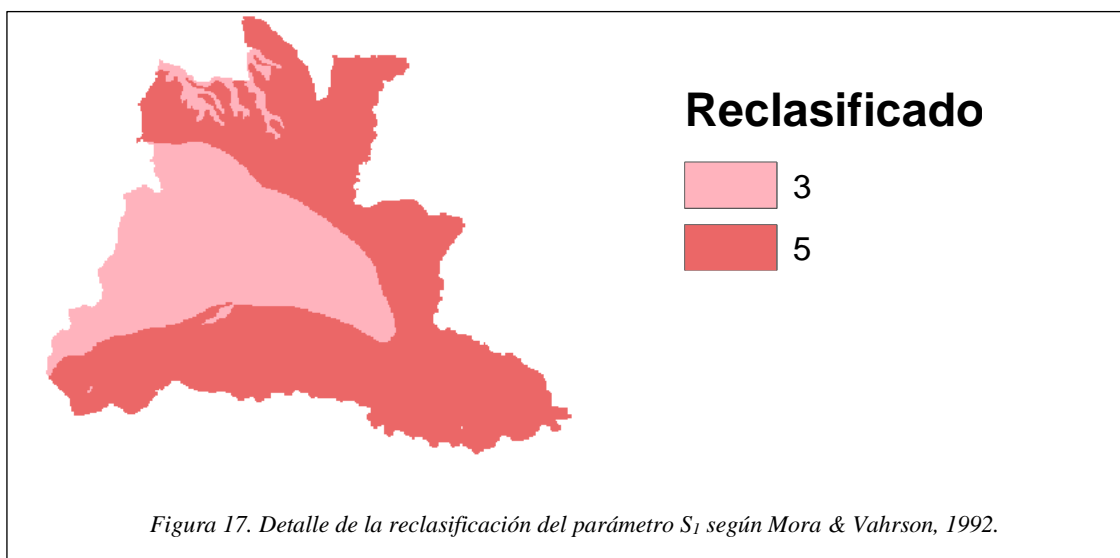
Litologías	Valor de (L)	Grado de susceptibilidad
Andesitas	5	Muy Alta
Areniscas y Lutitas	3	Media
Basaltos	3	Media
Depósitos Aluviales	5	Muy Alta
Ignimbritas	3	Media

*Cuadro 4. Detalle de la clasificación de susceptibilidad por tipo de litología según Mora & Vahrson, 1992.
Elaboración propia basada en Mora & Vahrson 1992; Mora & Saborío 2018.*

Por lo tanto, la litología de Monterrey tendrá valores (S_L) de **5 (muy alta)** y **3 (media)** que indican mayor o menor susceptibilidad de los materiales geológicos en relación con

potenciales deslizamientos (cuadro 4). En nuestro caso, se observa como el valor de S_1 más alto (5) se refiere al material aluvial en el sureste del distrito y a la mayor parte del distrito compuesta de andesitas que al encontrarse tan meteorizadas actúan casi como suelos residuales, los cuales agregarían un factor mayor de susceptibilidad para la ocurrencia de un deslizamiento.

Por otro lado, las ignimbritas al estar tan recubiertas por suelo en algunas zonas o encontrarse en áreas de difícil acceso, se estima de forma conservadora como alteradas, con el valor (S_1) de 3. Este parámetro se multiplicará más adelante con los factores de pendiente y humedad del suelo para obtener la susceptibilidad (SUSC). En la figura 17 se observa esta reclasificación del parámetro S_1 , tal y como se explicó en el cuadro anterior.



Parámetro de susceptibilidad por humedad del suelo (S_h):

El siguiente paso es obtener el parámetro de humedad del suelo. Los datos interpolados fueron brindados por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN, 2017). Estos datos representan cantidades diarias de lluvia en mm de 3 estaciones: Santa Rosa de Pocosol (año 1990), San Jorge de Los Chiles (año 2016) y ADIFORT de La Fortuna de San Carlos (año 2017). La ubicación de dichas estaciones se observa en la figura 18.



Es necesario aclarar que para la zona de estudio no se cuenta con datos de humedad del suelo debido a la escasa información meteorológica y la inexistencia de sensores para este tipo de medición. Por lo tanto, como lo establece el método Mora & Vahrson (1992), se utilizan los datos de precipitación promedio mensual para generar valores acumulados de índices de precipitación, siguiendo estos pasos:

- 1) Se categorizan los promedios mensuales (sobre todo el registro que se tiene de cada estación), dándoles valores entre 0 y 2 (ver anexo 2).
- 2) Se suman los doce valores asignados a cada mes en una estación y se llega a un valor acumulado entre 0 y 24.
- 3) Este valor acumulado se clasifica en cinco grupos, según como se ve en el cuadro 5.

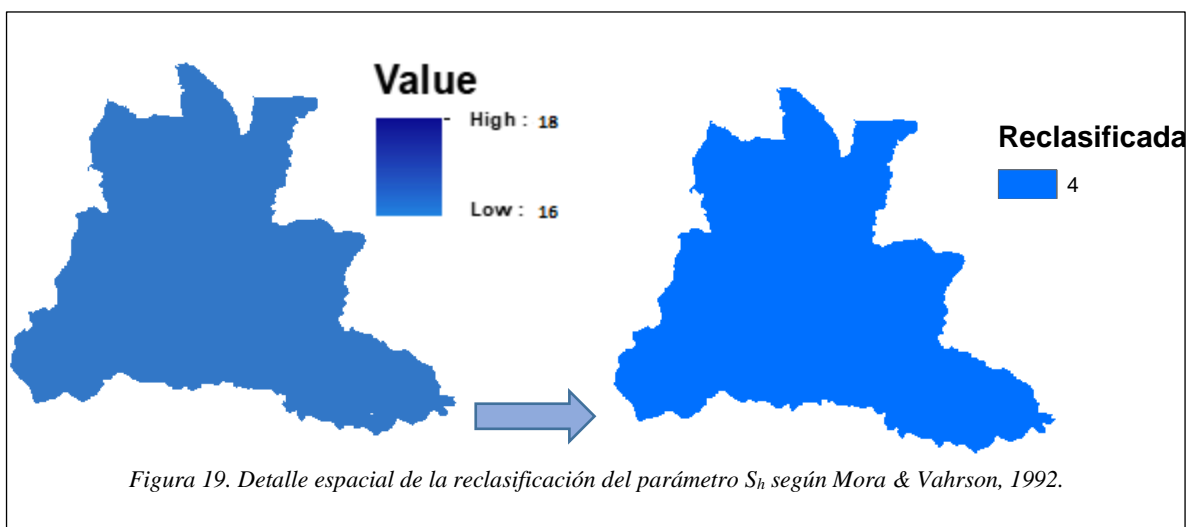
Valor acumulado	Calificativo	Valor parámetro HUM
0-4	Muy bajo	1
5-9	Bajo	2
10-14	Medio	3
15-19	Alto	4
20-24	Muy alto	5

Cuadro 5. Detalle de la reclasificación de los valores acumulados de índices de precipitación según Mora & Vahrson, 1992.

En el cuadro anterior se observa la clasificación de los valores acumulados de índices de precipitación y un calificativo paramétrico establecido por el método en uso. Ya que los

valores acumulados resultantes fueron **16, 16 y 18** en cada una de las tres estaciones, esto arrojaría la clase de **valor S_h de (4)**, es decir de calificativo **Alto**.

En la figura 19 se representa el parámetro S_h obtenido después de la creación de los valores acumulados de índices de precipitación y su reclasificación de forma espacial que será utilizada en el cálculo del parámetro pasivo del método Mora & Vahrson (1992).



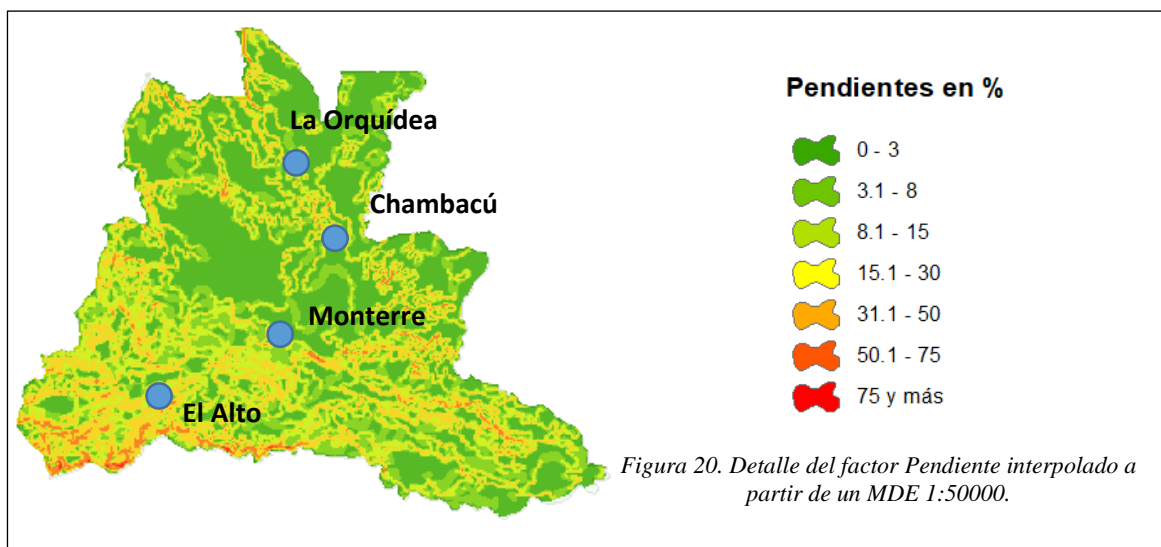
Se puede observar que, debido a la escasez de estaciones meteorológicas y datos, sumado a la ubicación un poco lejana de las mismas con respecto al distrito, se genera un patrón bastante homogéneo en el parámetro de humedad del suelo.

Parámetro de susceptibilidad por Pendientes (S_p):

El tercer paso para realizar el cálculo de la susceptibilidad (SUSC) es realizar la valoración de la pendiente. Como se explicó anteriormente, en este caso se utilizará el factor de pendiente en porcentaje en lugar del relieve relativo utilizado en el método original, basándose en las modificaciones realizadas por Mora & Saborío (2018).

Se utilizaron las curvas de nivel a escala 1:50 000 disponibles. Tal y como se observa en la figura 20, las zonas con mayor porcentaje de pendientes se encuentran en el sector sur del

distrito, mientras que en la parte norte los porcentajes mayores se atribuyen principalmente a las orillas de los cauces fluviales.

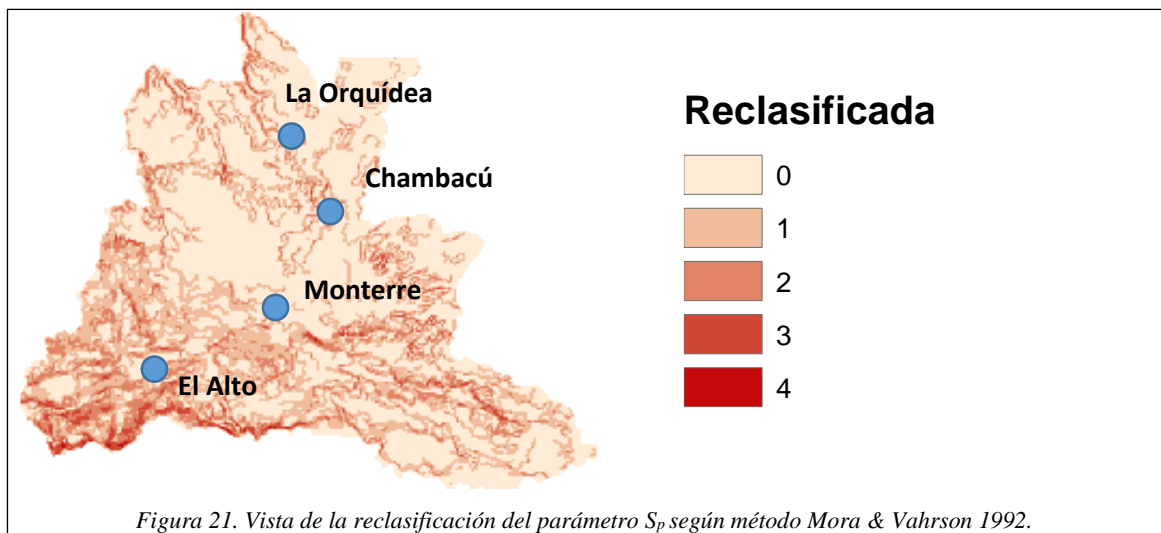


Los valores de pendientes se reclasificaron según la modificación hecha por Mora & Saborío (2018) en 5 clases (cuadro 6). En ella se describe la clasificación relativa a la susceptibilidad por el grado de pendiente.

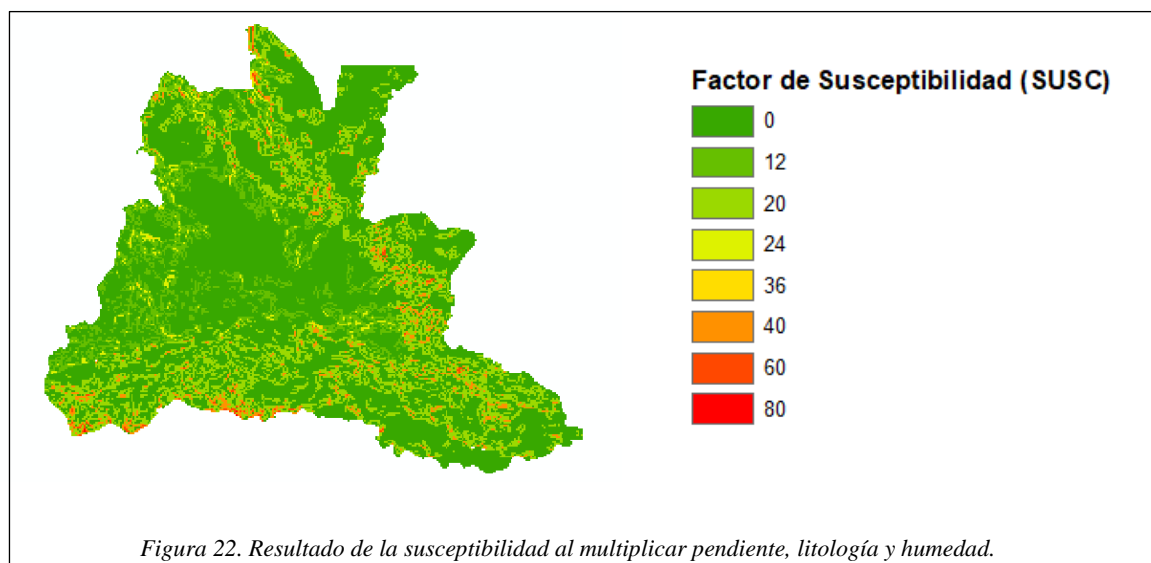
Pendiente (%)	Valoración (P)	Grado de Susceptibilidad
0- 7,5	0	Muy bajo
7,5-17,5	1	Bajo
17,5-30	2	Moderado
30-50	3	Mediano
50-80	4	Alto
Más de 80	5	Muy alto

Cuadro 6. Clasificación de pendientes según método modificado Mora & Saborío (2018) Elaboración Propia.

En la figura 21 se puede observar espacialmente el parámetro de pendiente debidamente reclasificado. La zona presentaría valoraciones (S_p) que van desde **0 hasta 4**, es decir de muy baja hasta alta, debido a que no existen pendientes con porcentajes superiores a 80% en este caso. Estas tres series de factores anteriores permiten obtener la susceptibilidad (SUSC).



Estos datos permiten realizar la multiplicación ($S_1 * S_h * S_p$) mediante la calculadora ráster de análisis espacial de ArcMap 10.2, para encontrar el parámetro de susceptibilidad inicial (SUSC). El resultado se visualiza en la figura 22.



Los resultados de la multiplicación (figura 22) muestran valores que van desde 0 hasta 80. Estos valores ejemplifican las zonas que, al combinar los calificativos pasivos de humedad (S_h), litología (S_l) y pendiente (S_p), presentarían mayores condiciones de susceptibilidad, únicamente basándose en esos tres parámetros anteriores. Se puede interpretar que el factor

pendiente está teniendo mayor peso pues las zonas con valores altos se correlacionan con los valores altos de pendiente.

Parámetro de disparo por intensidad sísmica (D_s):

El segundo paso para obtener la susceptibilidad a deslizamiento final es calcular el factor de disparo. Para ello se debe sumar la intensidad de las lluvias y la intensidad sísmica.

Como sabemos, la intensidad sísmica se expresa mediante la escala de Mercalli, estableciendo valores mínimos de I y valores máximos de XII. En la figura 23 se observan los datos de intensidad sísmica para el distrito de Monterrey de San Carlos correspondientes al terremoto de Guatuso de 1911, de 6,5 Mw, ocurrido el 10/10/1911, el cuál alcanzó intensidad VIII en la parte oeste del distrito (Camacho, 2015). Se utilizaron los datos de este sismo porque ha sido el de mayor cercanía al distrito y también uno de los eventos en los que se registró mayor intensidad (silueta del distrito dentro de mapa de intensidades señalado con la flecha en color rojizo).

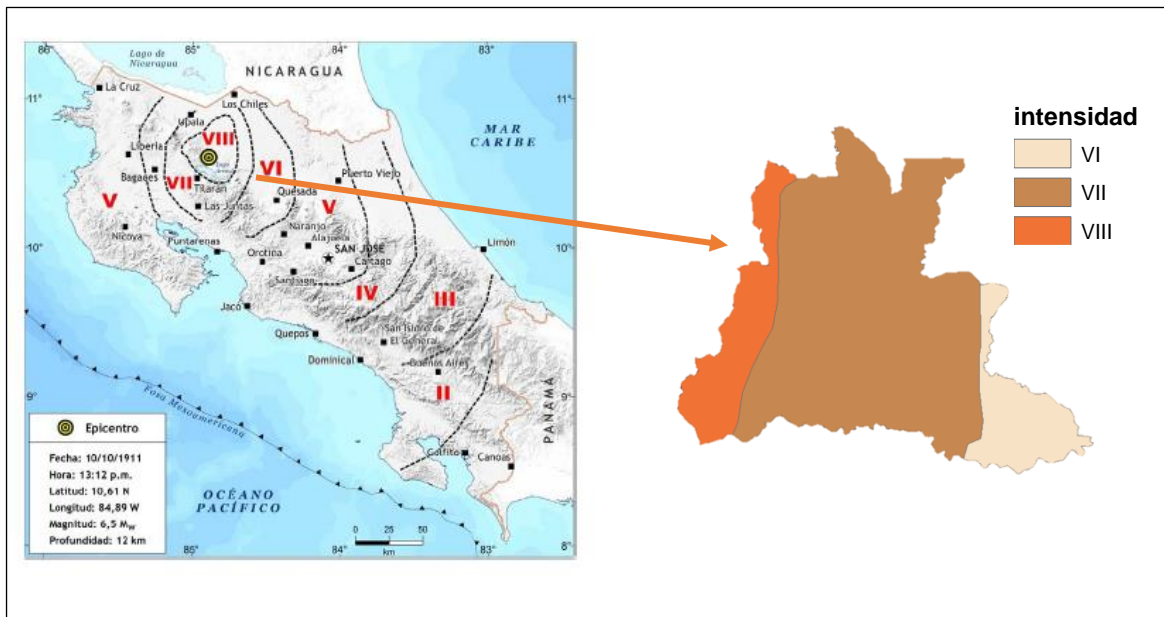
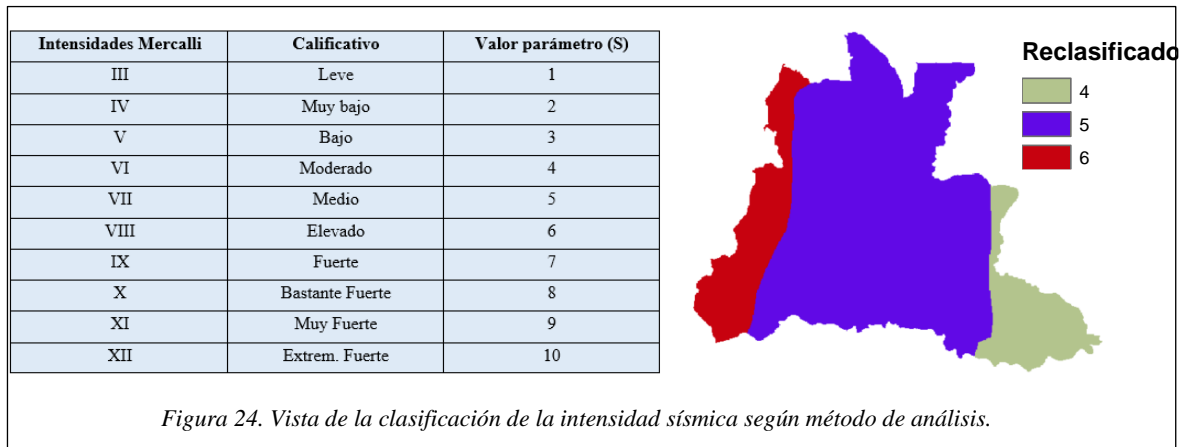


Figura 23. Detalle de la intensidad sísmica para el sismo de 1911 en Guatuso. Fuente Camacho, 2015.

La figura 24 muestra el detalle del parámetro D_s con su calificativo paramétrico. Las áreas con valor 6 representan áreas que alcanzaron intensidades sísmicas elevadas, las de valor 5 intensidades medias y las de valor 4, intensidades moderadas.



Parámetro de disparo por intensidad de lluvias (D_{II}):

El siguiente paso es obtener el parámetro de disparo por intensidad de lluvias para el distrito de Monterrey de San Carlos. Los datos de precipitación diaria interpolados fueron brindados por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN, 2017). Estos representan la precipitación caída en la zona tomando 3 estaciones: Santa Rosa de Pocosol (año 1990), San Jorge de Los Chiles (año 2016) y ADIFORT de La Fortuna de San Carlos (año 2017). Las lluvias de alta intensidad son la segunda causa en importancia para el disparo de los deslizamientos, especialmente en el trópico (Mora & Saborío 2018). Para la caracterización de este parámetro se debe realizar los siguientes pasos:

- 1) Determinar para todas las estaciones la serie de los valores máximos diarios anuales.
- 2) Para registros de menos de 10 años se calcula el promedio aritmético (el proceso realizado en este caso). Para registros de más de 10 años se utiliza el método de Gumbel (precipitación máxima para un periodo de retorno de 100 años).
- 3) Reclasificar el valor del parámetro según se ve en el cuadro 7 (ver anexo 3):

Lluvias máximas n < 10 años promedio (mm)	Calificativo	Valor parámetro (S)
< 50	Muy bajo	1
50- 90	Bajo	2
91-130	Medio	3
131- 175	Alto	4
> 175	Muy alto	5

Cuadro 7. Vista de la clasificación de la intensidad de lluvias según método de análisis.

En la figura 25 se representa el parámetro D_{II} interpolado mediante Kriging, según los promedios aritméticos de cada estación y la respectiva reclasificación con su calificativo paramétrico.

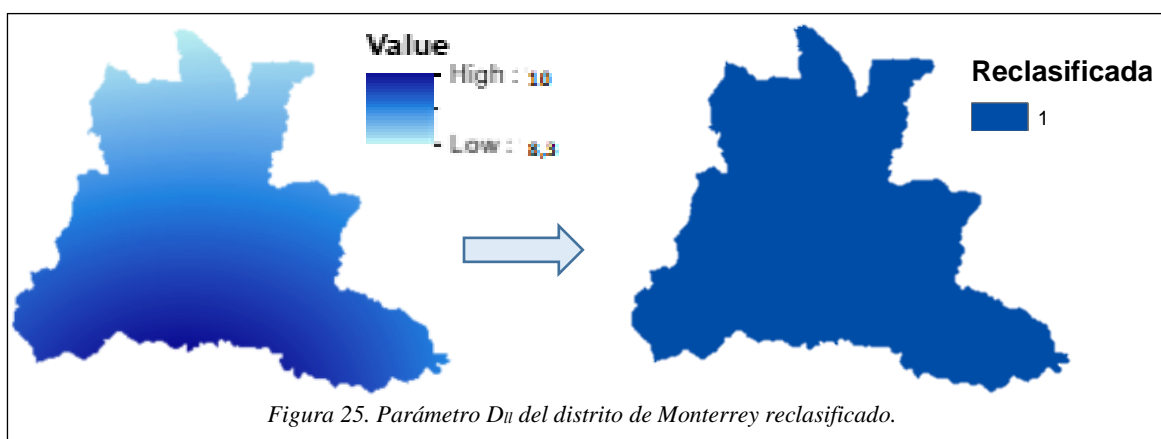


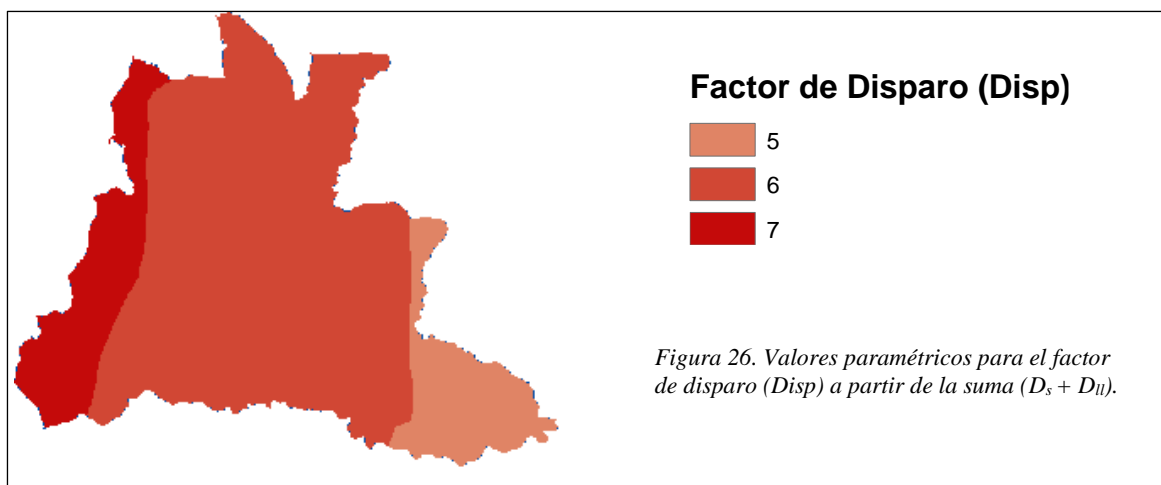
Figura 25. Parámetro D_{II} del distrito de Monterrey reclasificado.

Los valores de intensidad de lluvias para el distrito se distribuyen entre los **8,3 mm, 8,4 mm y 10 mm** lo que indica una reclasificación del parámetro con valoración **(1)**, y una clase **Muy bajo** que va de 0 mm a 50 mm, según Mora & Vahrson (1992). Los valores de precipitación más altos están hacia el suroeste y más bajos hacia el noreste. Unas de las partes más lluviosas de la Zona Norte, comprenden sectores aledaños como Monteverde, Guatuso y Upala, lo cual se ve reflejado en la distribución espacial.

Es importante mencionar la desventaja de contar con escasos datos de precipitación. El contar con un único año de registros para cada estación significó la utilización de valores promedios, lo cual impide observar el accionar de los valores máximos diarios que son los verdaderos

detonantes de deslizamientos en este caso. Para estudios futuros sería esencial contar con series de datos de más de diez años.

Habiendo construido los factores de disparo ($D_s + D_{II}$), se debe utilizar la calculadora raster dentro de las herramientas de análisis espacial de ArcMap 10.2 para realizar la respectiva suma como lo indica la fórmula respectiva. El resultado obtenido para el factor de disparo se ejemplifica en la figura 26:



Estos valores obtenidos para el factor de disparo representan las áreas donde los elementos de intensidad sísmica e intensidad de las lluvias tienen mayor incidencia a la hora de establecer susceptibilidades a deslizamientos. Los valores más altos indican mayor peso de los elementos de disparo que eventualmente contribuyen con la existencia de zonas susceptibles a la amenaza.

Susceptibilidad a deslizamientos (A_d):

Seguidamente se aplica la fórmula respectiva del método Mora & Vahrson (1992), la cual se expresa así: $A_d = (S1 * Sh * Sp) * (D_s + D_{II})$. Multiplicando los factores pasivos y los de disparo (ver capítulo metodológico) se obtiene el resultado como se ve en la figura 27:

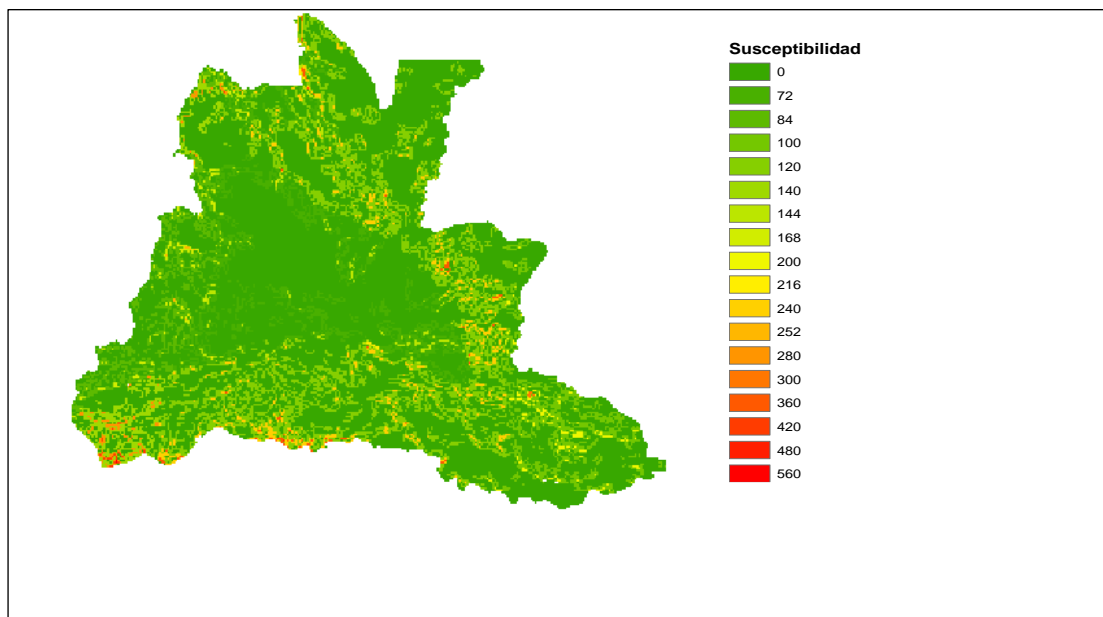


Figura 27. Resultado de la aplicación de la formula con sus valores paramétricos.

Estos valores paramétricos se deben reclasificar, según la metodología, en grados de amenaza, con clases que van desde I (muy bajo) hasta VI (muy alto). Esto se observa en el cuadro 8.

Potencial	Clase	Grado de e Amenaza
0-6	Muy bajo	I
6-32	Bajo	II
32-162	Moderado	III
162-512	Mediano	IV
512- 1250	Alto	V
>1250	Muy alto	VI

Cuadro 8. Parámetros de reclasificación de los resultados para la susceptibilidad Final

Como se observó en la figura 27, los valores del parámetro de susceptibilidad final oscilan entre el **0** y el **560**, números que tienen un significado dentro de la clasificación de la susceptibilidad que realiza el método Mora & Vahrson. Estos valores indican la combinación de los factores pasivos y los de disparo, para generar áreas que representan menor o mayor susceptibilidad según el valor obtenido.

Los resultados se observan de mejor forma en el siguiente mapa de susceptibilidad al deslizamiento (figura 28) que recopila lo descrito anteriormente.

Susceptibilidad a Deslizamientos, Distrito de Monterrey de San Carlos

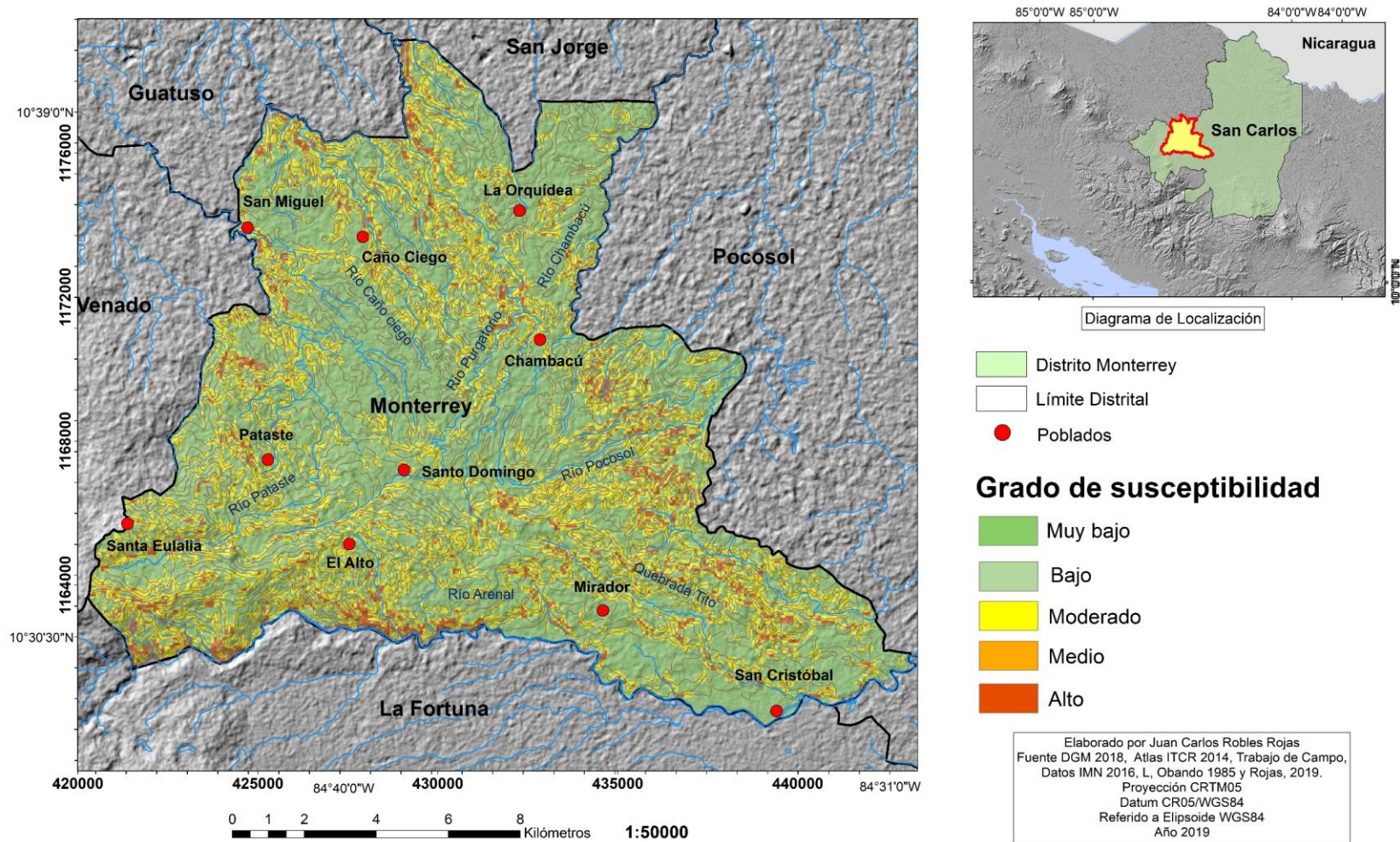


Figura 28. Susceptibilidad a deslizamientos del distrito Monterrey. Elaboración propia.

El mapa anterior (figura 28) muestra los resultados de las zonas de mayor susceptibilidad a deslizamientos. Este método clasifica la susceptibilidad en seis categorías como se observó en el cuadro 8 anteriormente.

Por la combinación de las características físicas del distrito de Monterrey se obtuvieron valores de susceptibilidad que van desde muy bajos hasta altos, es decir, entre **0 y 560**. Esto indica que el área de estudio presenta cinco clasificaciones de susceptibilidad, es decir: **muy baja, baja y moderada, media y alta**. Se puede notar que, en ese sentido, el grado de pendiente del distrito tiene un peso alto en el resultado final visto desde dos puntos de vista: el no existir demasiadas zonas de pendientes pronunciadas a lo largo del área determina que, en la mayoría de los casos, se representen bajos grados de susceptibilidad. Por otro lado, también influye en que las zonas con grados medios y altos de amenaza a deslizamientos están restringidos básicamente a las orillas de los principales ríos.

Aun así, es necesario espacializar de forma correcta los resultados. Si bien la mayoría de las zonas arrojan datos con características de susceptibilidad muy bajas o bajas, las zonas que mostraron grados de susceptibilidad moderados, medios y altos son de cuidado.

Muchas de estas áreas constituyen zonas vulnerables, ya sea por la ubicación de viviendas en sus cercanías, por la presencia de vías de comunicación, que en muchos casos son únicos accesos, así como lo que representa la pérdida súbita de terreno para productores pequeños y medianos. Un mínimo porcentaje de pérdida de terreno se traduce en grandes pérdidas económicas tal y como se estimó en el apartado anterior sobre percepción del riesgo. Esta relación se puede observar en el mapa integrado del resultado del método Mora & Vahrson (1992) y el mapa obtenido a través de la realización de la percepción del riesgo con los entrevistados claves anteriormente. En el mapa siguiente (figura 29) se puede identificar una buena correlación entre la información de la percepción del riesgo, lo identificado por el investigador y los datos arrojados por el SIG.

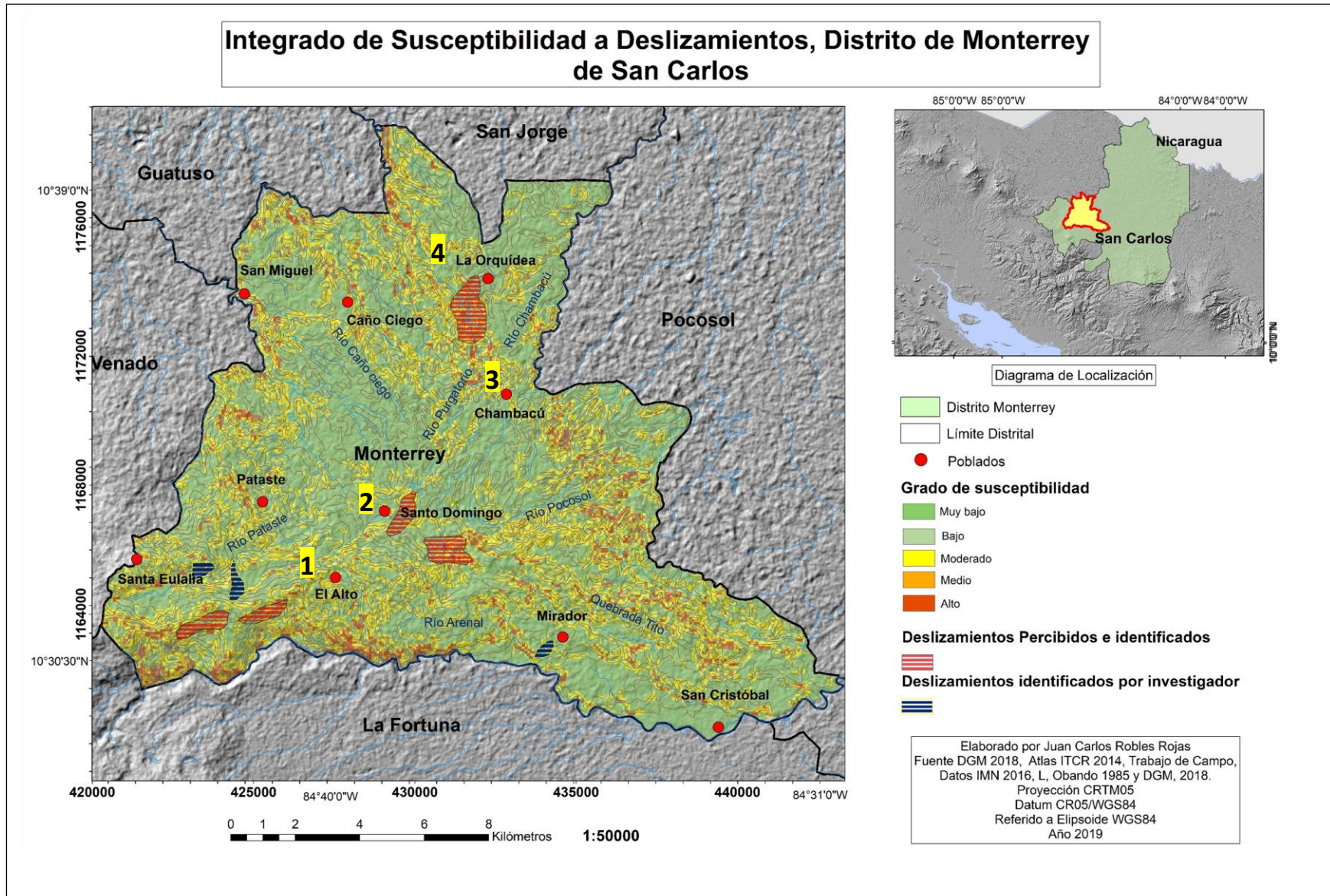


Figura 29. Mapa integrado de la susceptibilidad a deslizamientos del distrito Monterrey. Elaboración propia.

El conocimiento adquirido por las personas a través de los años, no es algo que se pueda dejar de lado. Queda evidenciado que los resultados de las entrevistas y el resultado de método técnico-científico muestran una alta correlación entre las zonas que se presumían con algún peligro de deslizamiento y las zonas que efectivamente presentan susceptibilidades desde muy bajas hasta altas.

La pendiente, la litología, la humedad y las lluvias generan zonas de valores medios y altos con significativo grado de susceptibilidad. Ello afectaría actividades productivas y las pérdidas podrían ascender a **¢1 050 000 colones** en la producción de carne por cada 1 ha, unos **¢900 000 colones** en cultivos por cada 1 ha y aproximadamente **¢5 100 colones** diarios en la producción de leche por cada 1 ha también, actividades que son el motor de la economía en ese sector.

En la siguiente figura 30 se hace la comparación de las zonas con susceptibilidad media y alta según el método Mora & Vahrson (1992) y el uso del suelo actual. De esta forma se puede estimar el grado de pérdidas económicas que pueden sufrir los propietarios de los terrenos dentro del área de estudio, pero ahora con hectáreas cuantificadas con susceptibilidad alta. Con estos dos insumos se logra calcular, (mediante SIG), la extensión aproximada de terreno que sería potencialmente afectada si se generan deslizamientos en estas zonas susceptibles.

La principal afectación la tendrían los productores de leche y carne pues dentro de las 12 000 ha aproximadas que se utilizan para pastos aproximadamente 535 ha (4,45%) estarían dentro de la clasificación de susceptibilidad alta a deslizamientos. Lo que quiere decir que si se perdieran 1 ha de terreno, se generarían pérdidas de hasta **¢5 100 colones**, y que, en la producción de carne, la misma hectárea significarían **¢1 050 000 colones**. En tales condiciones se obtienen posibles pérdidas totales de: **¢2 728 500 colones en lecherías** (suponiendo que todas las hectáreas de pastos son usadas para lechería) y **¢561 750 000 colones** (suponiendo que todas esas hectáreas son para ganadería de carne).

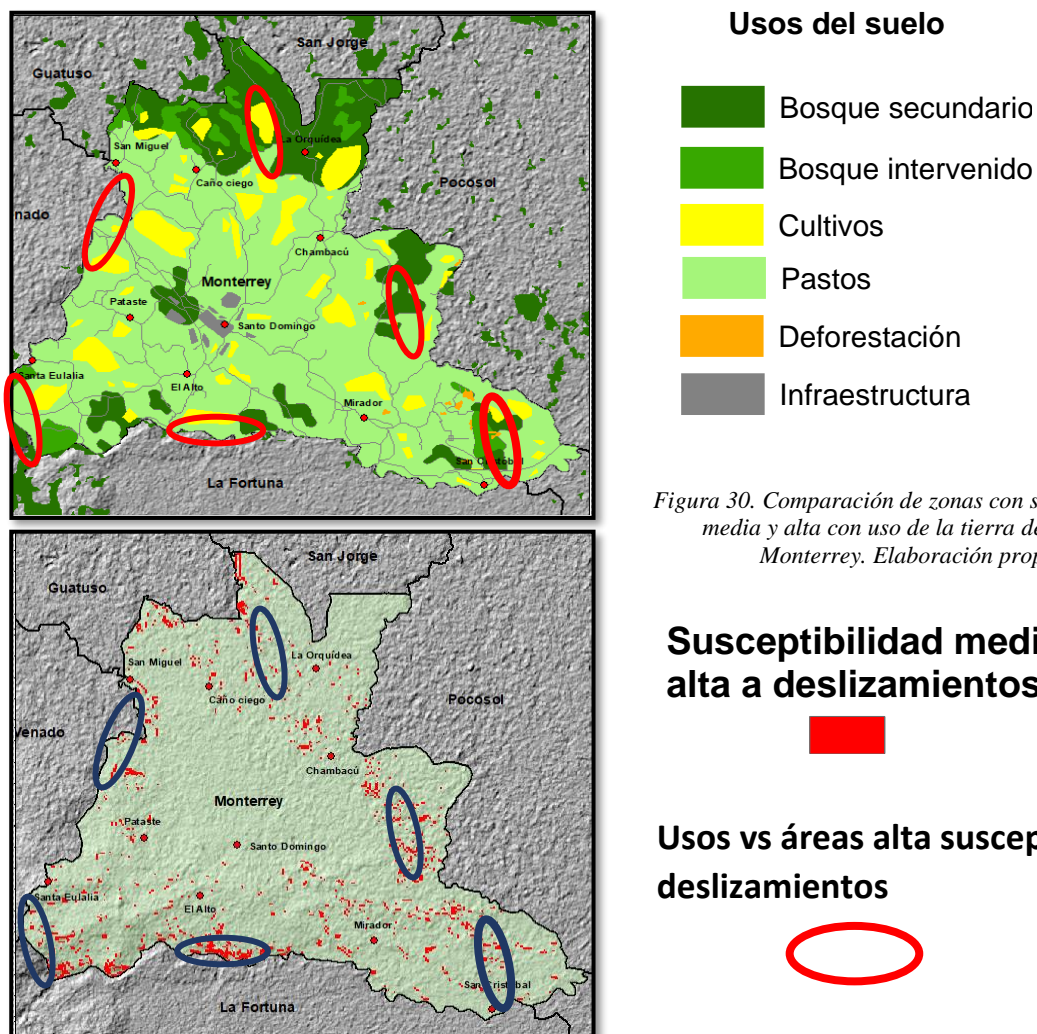


Figura 30. Comparación de zonas con susceptibilidad media y alta con uso de la tierra del distrito Monterrey. Elaboración propia.

Por otro lado, en cuanto a cultivos y basándose en la estimación del entrevistado 3, de las 4 300 ha existentes, cerca de 200 ha (4,65%) estarían dentro de zonas con alta susceptibilidad a deslizamientos. Lo anterior indicaría pérdidas totales de **¢180 000 000 colones**.

Además, de unas 156 ha (2,83%) afectadas, dentro de las zonas de **bosque secundario y bosque intervenido** (5 500 ha en total), que sin duda alguna tienen también un alto valor para el ecosistema. En el cuadro 9, se muestran estos datos de forma resumida.

Uso	Área con alta susceptibilidad a deslizamiento	% del total de área del uso	Pérdidas totales en colones
Pastos para leche	535 ha	4,45	¢2 728 500
Pastos para carne	535 ha	4,45	¢561 750 000
Cultivos (yuca)	200 ha	4,65	¢180 000 000
Bosques	156 ha	2,83	-----

*Cuadro 9. Posibles pérdidas económicas según áreas con susceptibilidad alta a deslizamientos del distrito Monterrey.
Elaboración propia.*

Esta cantidad de terreno que podría eventualmente ser dañado y las posibles pérdidas que significaría un nuevo problema a resolver en la zona, sumado a otros existentes como los procesos de sequía, la inestabilidad de los mercados, desempleo y la falta de capacitación en la productividad, por ejemplo. Es por ello justamente que se denota la importancia de plantear una zonificación rural que busque mejores y más adecuadas formas de seguir realizando la actual actividad productiva, pero con una mejor planificación y conciencia de la potencial susceptibilidad existente. En el aspecto positivo de esta cuantificación de zonas con posibles daños se debe resaltar que ninguna zona, al menos con alta susceptibilidad, se visualiza en la zona de mayor concentración poblacional.

En resumidas cuentas, las zonas que presentan susceptibilidad media y alta a deslizamientos son los alrededores de El Alto, Santa Eulalia, sectores aledaños al río Arenal en el sur del distrito, las zonas de ladera a lo largo del río Purgatorio y Pocosol a través de los poblados de Chambacú, cercanías de Mirador al este de Santo Domingo y finalmente el sector oeste, a orillas del río Pataste entre los poblados de Pataste y San Miguel, principalmente. Estos resultados coinciden en buena medida con lo expuesto a través de la herramienta de percepción del riesgo, ya que algunas de las zonas que resultaron con susceptibilidad media y alta, ya habían sido demarcadas de forma empírica por los actores claves visitados.

Es importante destacar que la metodología presentada está diseñada para un reconocimiento previo y rápido de las áreas con posibles problemas por la ocurrencia de deslizamientos y no

puede sustituir en ningún momento estudios de tipo geotécnico de campo. El objetivo es hacer una valoración cualitativa basada en los factores pasivos y de disparo. Además, las áreas que presentan potenciales bajos de deslizamientos indican que hay susceptibilidad baja pero no quiere decir que, en un futuro, con la interacción de distintas variables, no se puedan generar deslizamientos mayores, no cuantificados en este estudio.

Esta sección y la anterior servirán de base para formular una zonificación territorial de la susceptibilidad por deslizamiento cuyo fin es planificar el uso de la tierra y gestionar riesgos.

Finalmente, esta investigación contempla resultados que no son necesariamente los más certeros o específicos en cuanto a la delimitación de las zonas de susceptibilidad, debido a ciertas limitaciones (como la escasez de datos en temáticas como geología, imágenes satelitales y aéreas por las condiciones atmosféricas, información socioeconómica, atmosférica y demás), pero al mismo tiempo, son los primeros que se generan en la zona.

Por tanto, se debe tomar dicha investigación como el inicio de generación de información base que servirá para futuras investigaciones y propuestas. Además, es el primer análisis de susceptibilidad que se hace en el distrito de Monterrey de San Carlos, lo cual sienta un precedente en los inicios de la planificación territorial de la zona.

III. Planteamiento de una propuesta de zonificación territorial ante amenaza de deslizamiento, para la mejora de la Gestión del Riesgo Local.

El concepto de territorio rural se acerca más a una noción que a una definición. Esto porque resulta más asequible para un investigador partir de un conjunto de características étnicas, culturales, sociales, económicas, administrativas y físico naturales en la delimitación de zonas de interés, para las cuales el medio rural tiene una significación distinta. Mientras que la definición como tal de territorio representa menor flexibilidad a la hora de establecer una o varias características como elementos delimitadores (Gómez, 1994).

En ese sentido, el ordenamiento territorial es la resultante de las actividades del hombre como actor social, que coevoluciona en un área definida previamente organizada en forma natural. Como resultado, se generan espacios urbanos, naturales y rurales, quedando en el proceso, algunos espacios vacíos (Gómez, 1994).

En el proceso intervienen condicionantes de uso, legales y de apropiación de recursos, lo que genera como resultado impactos ambientales y procesos productivos. Por ello, según el propósito, la zonificación será un proceso primario fundamental para lograr la planificación del territorio (Andrade, Arenas, y Lagos, 2010). En este caso, incluyendo la variable de la susceptibilidad a deslizamientos, como parte de un inicio en la gestión de riesgos.

El concepto de ordenamiento está definido por principios que establecen las bases para el orden y buena disposición de las cosas determinadas o dirigidas a un fin. Es decir, dado el estado actual de un territorio existente, las actividades o transformaciones futuras que se realicen en él deben ser conducentes hacia los objetivos definidos por la sociedad, luego de incorporar las restricciones dadas por la naturaleza (Domínguez et al, 2008), lo que actualmente se llama plan regulador o plan de ordenamiento territorial.

Algunos de los objetivos podrían ser la conservación del ecosistema, la expansión de la ciudad, la creación de áreas industriales, etc. En nuestro caso, se trata de zonificar o definir

las áreas con susceptibilidad a deslizamientos media y alta para establecer las zonas idóneas para desarrollo futuro, ya sea en infraestructura, actividades económicas o áreas de protección.

El desarrollo de actividades agropecuarias inadecuadas (partiendo de que la actividad se realiza en un espacio que no tiene las características físicas idóneas), el mal manejo de los recursos disponibles y la utilización de tecnologías inapropiadas ocasionan graves procesos de deterioro ambiental y, en consecuencia, reducción de la productividad y de la calidad de los productos. Por ello, es necesario planificar y reagrupar el espacio en zonas que tengan características homogéneas en cuanto a los diferentes factores que inciden en el desarrollo (Quintero & Cardozo, 2006). Esta afirmación toma mayor relevancia cuando se aplica anterior a los procesos de desarrollo desmedido, ya que presiones externas futuras podrían evitar el reordenamiento propuesto. Lo ideal siempre será la planificación prospectiva a mediano y largo plazo.

Equilibrios y desequilibrios territoriales en la última década del siglo XX se aprecian hoy día como desórdenes territoriales provocados por una actividad económica que no ha sabido valorar en forma adecuada los fines sociales, ecológicos y culturales del progreso (Ortega y Rodríguez, 2000). Se sostiene que el crecimiento económico lejos de conducir a la corrección de los desequilibrios territoriales en escalas regionales, nacionales, comunales y prediales provoca desigualdades crecientes en la calidad de vida de los habitantes de distintas áreas.

Las interacciones hombre territorio como resultante de la zonificación expresan respuestas complejas, por lo que antes de cualquier intervención de políticas públicas y privadas en el territorio es necesario comprender bien su dinámica. Las causas de los desequilibrios zonales y territoriales no son distintas de aquellas que han originado los problemas ambientales (Ortega y Rodríguez, 2000) como ya sabemos, estas causas son:

- Los planes económicos que buscan la maximización del beneficio económico como fin primordial.
- El predominio del interés privado y de corto plazo por sobre el interés público y de largo plazo.
- La planificación sectorial incapaz de integrar los aspectos territoriales.
- La no inclusión de los beneficios ambientales en la contabilidad nacional.
- El dejar la variable Gestión de Riesgo fuera de los procesos de planificación.

La forma de impedir o disminuir estos futuros impactos negativos está relacionada a la previa disposición de información y datos de carácter consultivos que proporcionen la seguridad necesaria para tomar decisiones idóneas en un territorio. El primer paso es generar la información base, la cual es de vital importancia para territorios como el área de Monterrey que no poseen este tipo de datos o no se encuentran recopilados.

Como hemos visto, la mayor parte de estos desequilibrios se da cuando las actividades en el territorio se desarrollan a un nivel mucho más intenso del que sería adecuado hacerlo, generando tensiones en los diferentes componentes del espacio, situación que trae consigo impactos que normalmente son negativos.

Aquí hablamos de sobrepastoreo, erosión, contaminación de fuentes de agua por químicos en cultivos, establecimiento de viviendas en zonas de vulnerabilidad y la utilización de tierras para usos inadecuados (arados de tierra en pendientes altas, que normalmente deben ser protegidas o utilizadas con restricciones).

Según Flores (1994), durante el proceso de zonificación, el autor puede fraccionar el espacio en unidades de diversos tamaños, formas y ubicaciones, de acuerdo con las características del terreno y la corporalidad de una cultura o actividad. El actor genera una multiplicidad de espacios, integrados todos desde una unidad espacial global, y el usuario utiliza este espacio en forma de uso múltiple y descompone su visión de éste en dimensiones.

En nuestro caso estas dimensiones serán meramente relacionadas al desarrollo o crecimiento de infraestructura, ganadería, agricultura, usos mixtos de actividades y la temática de protección de zonas vulnerables, tal y como se observará en la figura 40.

La zonificación tiene como base las características del terreno (principalmente características físicas y de pendiente), el uso de la tierra para identificar la ubicación de las actividades productivas, los aspectos socio productivos del distrito, la historia de la zona y por supuesto los resultados obtenidos mediante la percepción del riesgo con los actores clave y la zonificación de la susceptibilidad a deslizamientos. Estas características recopiladas durante la investigación han permitido al autor fraccionar el espacio en zonas, que, según sus cualidades, presentan la idoneidad necesaria para el buen uso del suelo, tomando en cuenta la capacidad de este (MAG-MIRENEM, 1988), y sus condiciones de susceptibilidad.

Este tipo de zonificación básica pretende diferenciar el espacio según sus características físicas y socioeconómicas. A partir de ello, se puede tener una perspectiva más clara de las dinámicas y los procesos que ocurren en el territorio y de esta forma se puede planificar prospectivamente el camino o la línea por la cual se quiere avanzar hacia el desarrollo agrícola, ganadero, residencial y de protección ambiental del distrito. Lo más importante durante la demarcación de áreas, es tomar en cuenta los factores homogéneos que se complementarán entre sí en la utilización efectiva del espacio y con conciencia sobre la susceptibilidad a los deslizamientos.

Estas herramientas, aunque de cierta forma básicas, funcionan como un paso más en el despertar del interés comunal e institucional por la planificación de sus territorios y la integración de los factores físicos y socioeconómicos que forman parte del proceso de mejora de la calidad de vida, justo antes de que sea muy tarde debido a los acelerados procesos urbanos de la zona norte de San Carlos.

De igual forma, es necesario aclarar que esta delimitación o propuesta de zonificación (figura 31) está basada primeramente en los resultados de la susceptibilidad a deslizamientos y en las características físicas y socio productivas del espacio recopiladas y proporcionadas por el

conocimiento previo que el autor posee del distrito. Este tipo de zonificación toma dichas características y las separa en zonas homogéneas que presentan condiciones idóneas para el desarrollo de alguna actividad específica. Esta propuesta es resultado de un proceso de investigación y no pretende remplazar ningún estudio urbanístico o de ordenamiento territorial en proceso o futuro. La delimitación planteada, de aplicarse como herramienta en un futuro proceso de planificación, significará la modificación de algunos usos del suelo, lo que, sin duda alguna, permitirá realizar un manejo más adecuado de los recursos y una generación de beneficios más estable y sostenible para los productores de la zona.

Finalmente, para transformar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos en la propuesta de zonificación se sobreponen respectivamente el uso del suelo, las zonas con susceptibilidad media-alta a deslizamientos, las zonas de protección de ribera de ríos (15 y 50 m), la información recopilada sobre las actividades productivas y el trabajo de campo realizado a lo largo del distrito. A partir de las técnicas y herramientas del SIG se origina la figura 31 adelante.

Propuesta de zonificación a partir de la susceptibilidad a deslizamientos, Monterrey, San Carlos

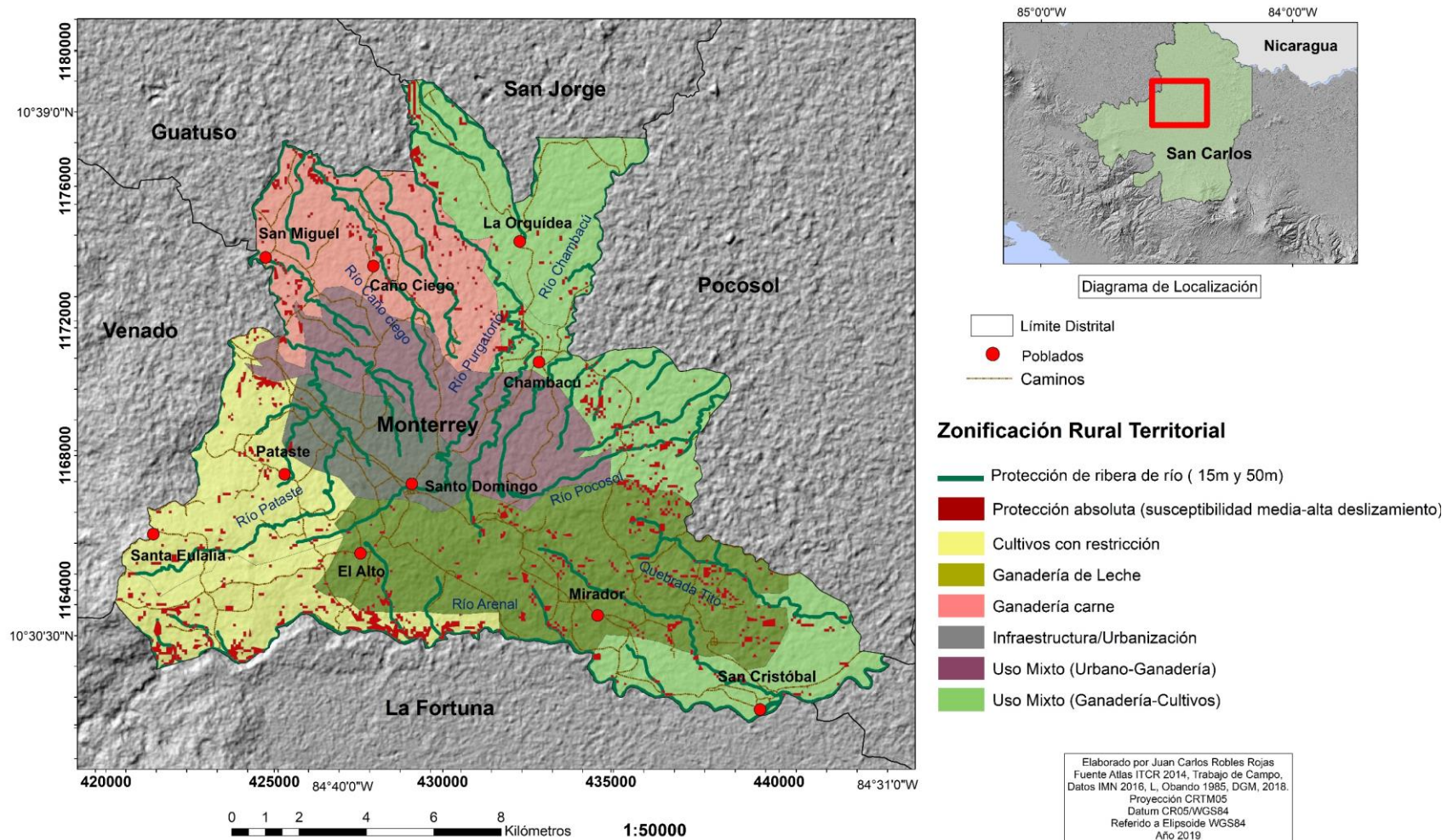


Figura 31. Zonificación Rural territorial basada en la amenaza a deslizamientos del distrito Monterrey. Elaboración propia

Zonas de protección absoluta (susceptibilidad media y alta a deslizamientos).

En primer lugar, se denotan las zonas de color rojo oscuro como zonas de protección absoluta, que fueron las áreas que resultaron con susceptibilidad media y alta a deslizamientos. Al ser zonas que eventualmente presentarían un riesgo alto para las actividades económicas y para la habitación de las personas, lo más adecuado es destinarlas a la conservación y la protección de las nacientes y manantiales. Más adelante se verá como estas zonas de susceptibilidad se pueden utilizar para la conformación de corredores o pasos de biodiversidad entre las áreas silvestres protegidas adyacentes al distrito.

Zona de protección de ribera de río (15 y 50 m).

En segundo lugar, se pueden denotar las zonas de protección de los ríos, que por disposición de la Ley Orgánica del Ambiente de Costa Rica (1995), se establece un rango mínimo de 15 metros en zonas rurales planas y de 50 metros en zonas rurales de pendiente, a ambas riberas del cauce. Esta delimitación tiene carácter de obligatoriedad para toda el área. El respeto de estas áreas de protección aseguraría que aparezcan menos viviendas en zonas de peligro a orilla de los ríos, como se mencionó anteriormente (existencia de al menos una vivienda en riesgo) y asegurar la calidad del recurso hídrico en cuanto a la presencia de factores contaminantes. Estas zonas de protección se ven delimitadas en coloración verde oscuro. En la figura 32 se ejemplifica una de las tantas riberas de protección de los ríos.

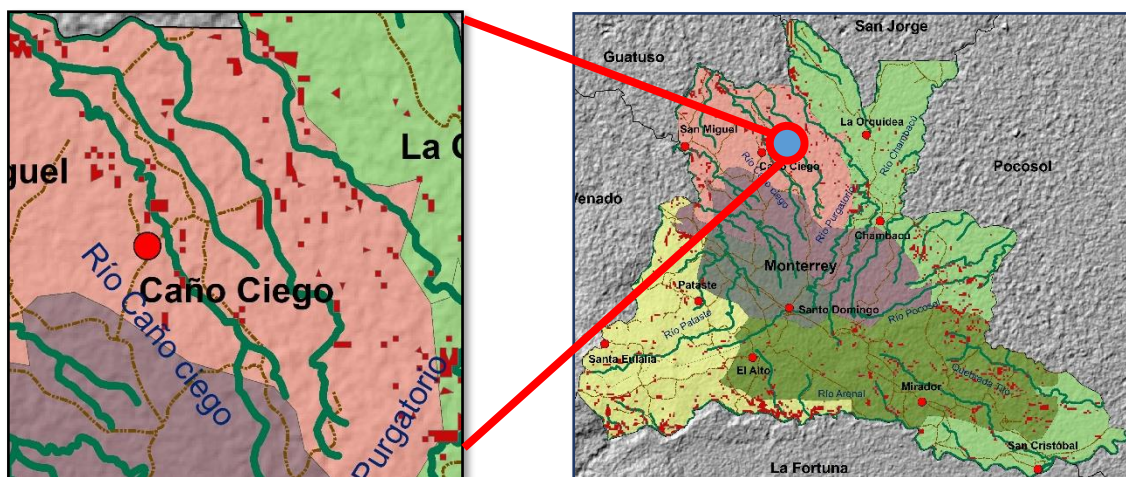


Figura 32. Zonas de protección de los ríos según Ley Orgánica del Ambiente 1995.

Zona de ganadería de carne.

Tal y como se observó en el mapa de zonificación anterior (figura 31), la zona norte del distrito es la que, según sus características físicas, sociales y culturales, es más idónea para la realización de actividades económicas como la ganadería de carne (razas brahmán, pardo suizo e indo Brasil). Las características climáticas, es decir mayor radiación solar, humedad y las bajas pendientes (es un área bastante plana), permiten que estas actividades se desarrollen con mayor eficacia y con menor cantidad de áreas con susceptibilidad a deslizamientos (restringidas a cauces de ríos). La implementación de esta medida significará una serie de cambios espaciales mínimos, aunque optimizará el uso de los recursos en las fincas existentes. En la figura 33 se observa un acercamiento, a manera de ejemplo, de lo descrito anteriormente.

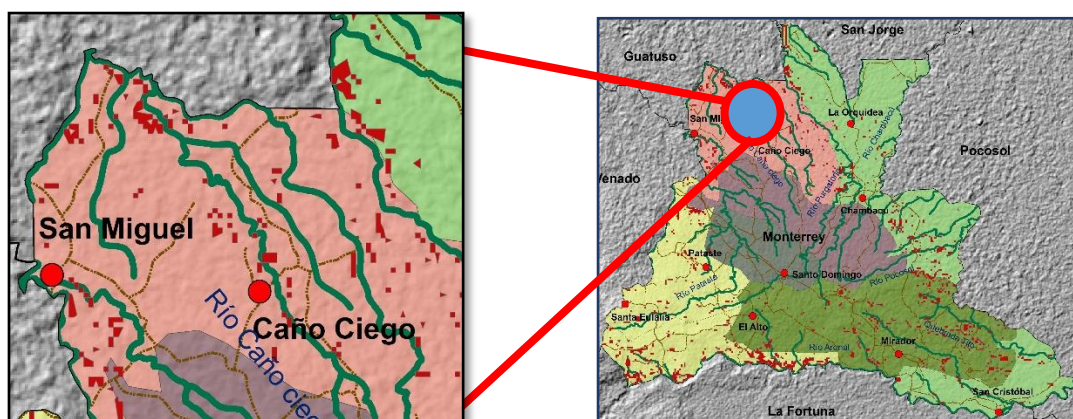


Figura 33. Sector norte del distrito y su zonificación Ganadería de carne y Mixta

Zona exclusiva para desarrollo urbano/Infraestructura y Zona mixta urbano- ganadero.

En la parte central del territorio (figura 34) se plantea la zona exclusiva para el desarrollo urbano, es decir, el área que estaría menos expuesta a la amenaza a deslizamiento y que por sus características tradicionales ya cuenta con algún tipo de crecimiento en proceso. Al mismo tiempo, se establece una zona mixta de uso ganadero, pero que eventualmente podría permitir la expansión comercial de Santo Domingo (centro de Monterrey); esta sería un área potencial de amortiguamiento en la transición a las zonas de producción ganadera y agrícola. La delimitación no afectará el uso actual de Santo Domingo, será más bien una restricción a

su futuro crecimiento o expansión urbana y la mixtura de la zonificación se realiza pensando en una probable expansión comercial controlada.

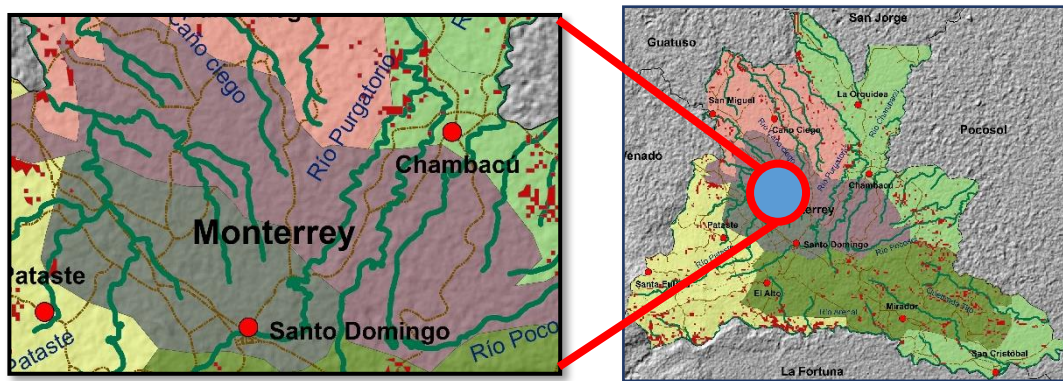


Figura 34. Sector central del distrito y su zonificación Urbana y Mixta

Zona ganadería de leche.

En la parte sur este del área de estudio se observa la zona exclusiva de ganadería de leche (Figura 35) en las zonas cercanas al río Arenal y las estribaciones del Volcán Arenal. Esta zona, por presentar las mayores altitudes del distrito y características de suelos quebrados (ver figura 5) y de menores facilidades para trabajos con maquinarias, desarrolla principalmente lechería estabulada y semiestabulada.

Esta es una de las zonas donde encontramos mayor cantidad de áreas con susceptibilidad alta a deslizamientos (en rojo oscuro). Estas áreas de alta susceptibilidad dentro de la micro zona de lecherías se proponen como áreas exclusivas para protección fuera de cualquier otro uso económico, tal y como vemos en la figura adelante. Acatar esta medida permitirá realizar algunos cambios en la delimitación de los apartos, de forma que se destinen las zonas susceptibles a deslizamientos, como zonas de protección y se maximice la utilización del espacio restante en los sistemas mejorados de apartos, bancos de forraje, etc. Eventualmente se podría proponer la figura de pagos por servicios ambientales (PSA), como incentivo.

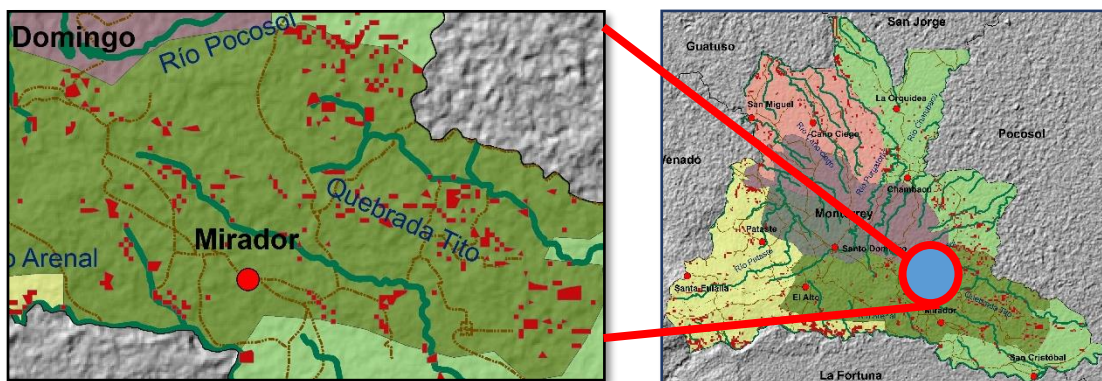


Figura 35. Sector sureste del distrito y la zonificación Ganadera de leche y áreas de restricción o protección.

Zona de cultivos con restricción.

En la parte Oeste se ubica la zona para utilización agrícola con restricción. En primer lugar, debido a las zonas con susceptibilidad alta a deslizamientos identificadas y, en segundo lugar, debido a la capacidad de uso del suelo, establecida por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG-MIRENEM, 1988). Este decreto determina los cultivos que se pueden desarrollar según los porcentajes de pendiente (ver figura 5). Es decir, en este sector hay zonas que solo soportan cierta clase de cultivos y con manejos especiales del suelo, por lo tanto, esto se deberá tomar en cuenta en la futura planificación agrícola. En la figura 36 se observa parte de la delimitación de dicha zona;

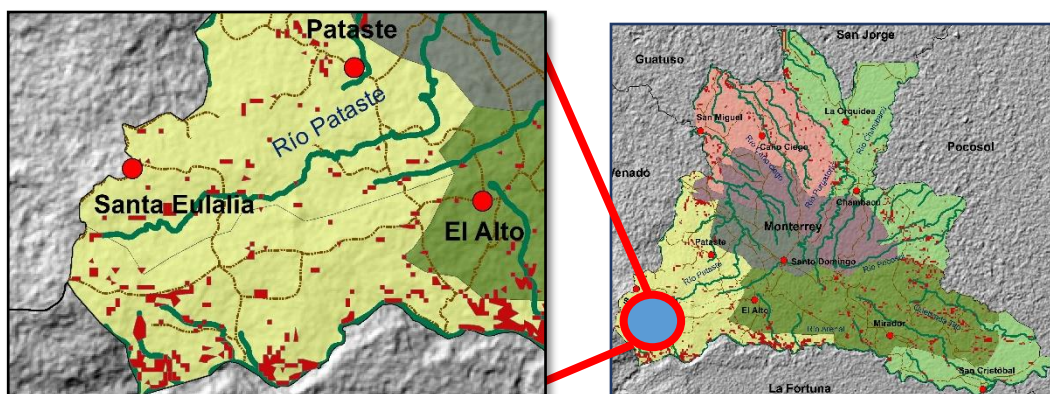


Figura 36. Sector oeste del distrito y su zonificación Agrícola con restricción

Esta restricción se debe a que es una de las áreas con más alta pendiente y que, además, los resultados de percepción del riesgo con los actores clave la indicaron como área de cuidado, ya que potencialmente representa un peligro a las actividades económicas que allí se realizan, principalmente ganadería de leche (R. Rodríguez, comunicación personal, 11 de mayo de 2018). Por lo tanto, se vuelve necesario tomar en cuenta esta recomendación, como método de disminución de las pérdidas futuras y lograr inversiones duraderas y efectivas en los productores. Eventualmente se podría proponer la figura de pagos por servicios ambientales (PSA), como incentivo, al igual que en la zona de ganadería de leche. Esto para aprovechar las áreas susceptibles, que a partir de los cambios propuestos serán de uso restringido.

Zona mixta ganadera-agrícola.

Por otro lado, la zona este en la delimitación definida como de uso mixto (ganadería-cultivos por ser un espacio de transición entre ambos o más bien una mezcla), se identifica como una de las micro zonas que presentan más áreas con susceptibilidad a deslizamientos dentro del distrito. Dentro de los cambios propuestos en el uso del suelo se podría eventualmente restringir las áreas de mayor peligro de forma sencilla, debido a la poca población habitante de este sector y así, aprovecharlo como insumo de conservación y protección del recurso hídrico. Además, la mayor cantidad de estas áreas identificadas como susceptibles se encuentran en las cercanías de los cauces fluviales, por lo cual, el planteamiento de una eventual área de protección extendida no es imposible. En la figura 37 un acercamiento de esta área.

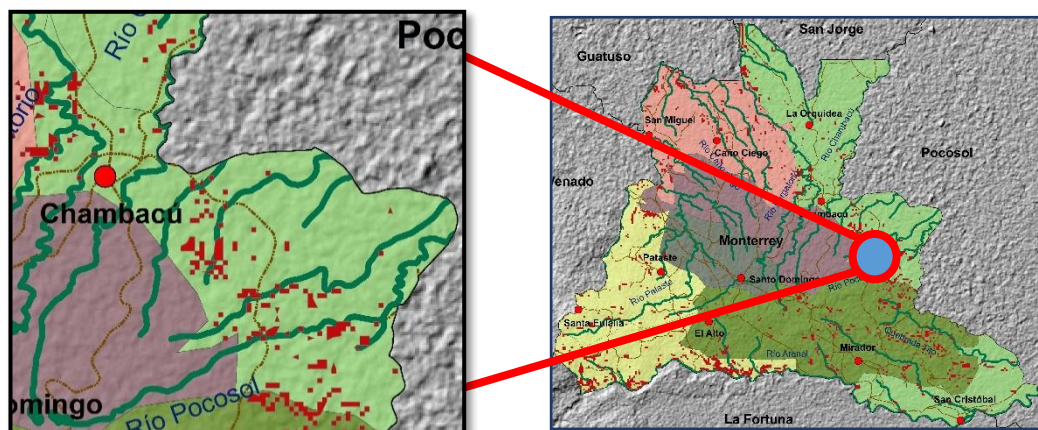


Figura 37. Sector este del distrito y su zonificación mixta: Agrícola-Ganadera

Es interesante observar cómo estas áreas potencialmente peligrosas para el hombre pueden ser usadas como **puentes de interconexión entre áreas silvestres protegidas, corredores biológicos y zonas de uso forestal aledañas.**

A partir de los resultados de susceptibilidad obtenidos y la zonificación planteada se podría esbozar un espacio que uniría la Ruta de los Malekus- Medios Queso con el Parque Nacional Volcán Arenal y el Corredor Biológico San Juan- La Selva. Como se ha visto, las obstrucciones antropogénicas han favorecido la falta de “comunicación ecológica” debido a los cambios de uso del suelo que afectan en gran medida a la capacidad de dispersión de las especies, dando lugar a procesos de fragmentación de las poblaciones y a los consiguientes problemas para su conservación.

Por lo tanto, garantizar la conectividad entre zonas protegidas y “parches” o “islas” de diferentes hábitats es importante, tanto para la dispersión de especies como para la protección de los propios hábitats, generando sin duda alguna, ambientes más equilibrados que posiblemente generen menores consecuencias negativas mediante deslizamientos o cualquier otra amenaza en el futuro (García & Soria, 2014).

El investigador utiliza el término corredor ecológico o puente de interconexión de forma genérica para expresar una vía que facilita la dispersión de los seres vivos a través de hábitats (u otros elementos o procesos de interés) que conectan dos o más lugares, en los cuales encuentran condiciones adecuadas para su desarrollo (Hass, 1995). En este caso, además, como forma de justificación y aprovechamiento de zonas que serían susceptibles a los deslizamientos y con potencial peligroso para el uso humano.

El problema de la conectividad tiene una solución más “sencilla” ya que en ocasiones una solución eficaz no implica grandes demandas de superficie sino **continuidad y coherencia territorial**, como se ha planteado y se visualiza en la figura 38.

Posible interconexión de Áreas Protegidas mediante la delimitación de Zonas susceptibles a deslizamientos

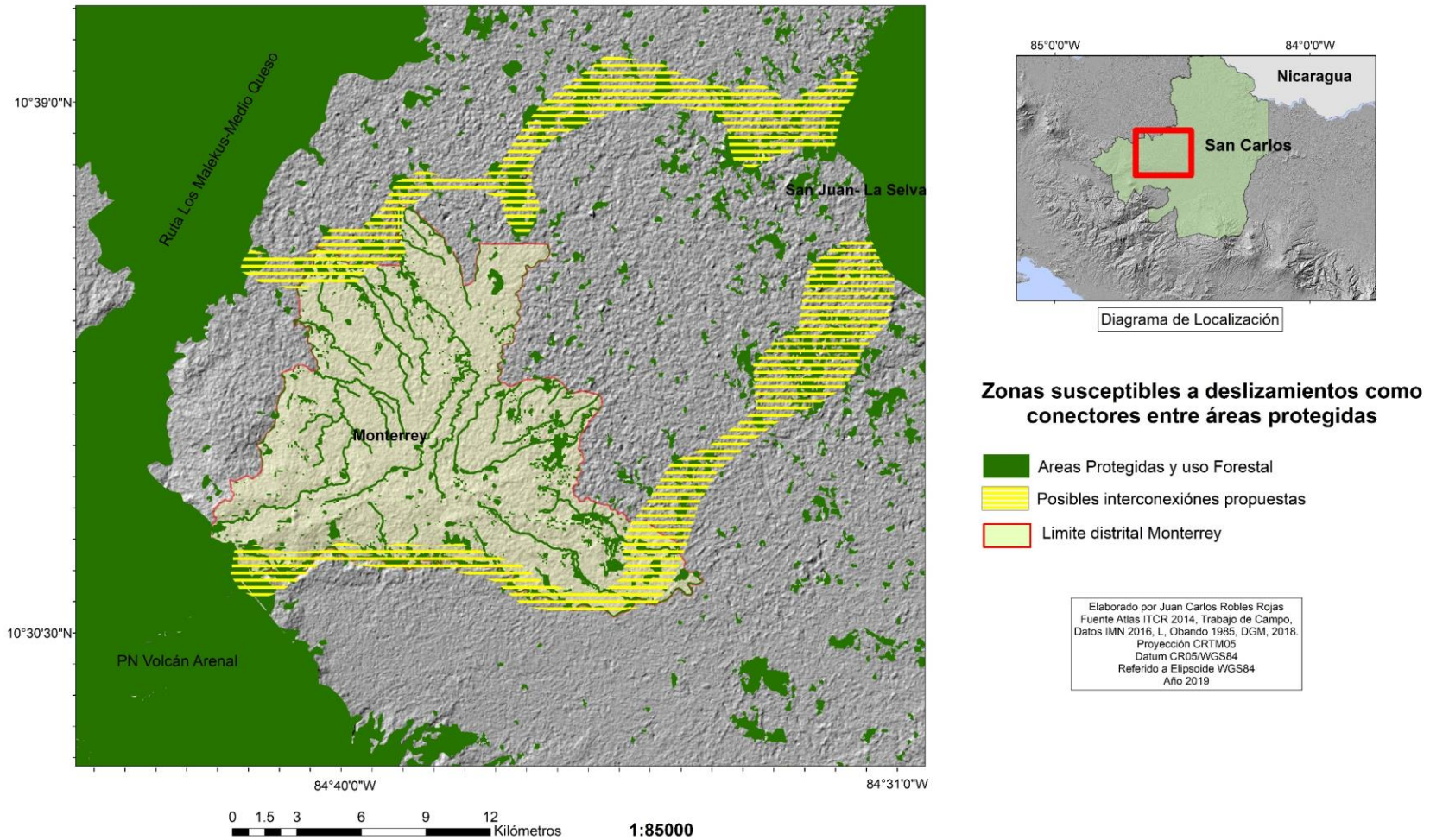


Figura 38. Posibles rutas de interconexión entre áreas protegidas a partir de las zonas de mayor susceptibilidad identificadas. Elaboración propia.

En la figura 38 se puede observar cómo al integrar las zonas con susceptibilidad media y alta a deslizamientos con las áreas silvestres protegidas adyacentes, los corredores biológicos ya establecidos y las áreas de cobertura forestal se podría generar un proceso de interconexión entre parches, que propiciaría, en primer lugar, mejores condiciones de conservación y comunicación para la fauna y flora de toda la zona norte y además, plantearía una forma de aprovechamiento de estas áreas “restringidas” en pro del bienestar general del ambiente.

Ello daría paso a nuevas investigaciones y procesos de educación ambiental, trabajo con los productores sobre cómo adaptarse a la producción de tipo conservacionista y mayores beneficios. Este constituye solo un ejemplo de lo que se podría hacer con la integración de los resultados principales de esta investigación.

Conclusiones.

Se concluye que la zonificación rural planteada, aunque simple en cierta forma, es un gran avance para el desarrollo futuro del distrito. Esto debido a que la información correspondiente a estas temáticas de Gestión de Riesgo y Ordenamiento Territorial básicamente no existen y, por lo tanto, las decisiones que se toman en materia de mejoras sociales y económicas no poseen el fundamento adecuado que se respalde con estudios específicos para cada área.

El tomar en cuenta las características físicas del espacio, las actividades socioeconómicas y la percepción del riesgo de los pobladores clave de cada zona, constituye una base sobre la cual se pueden construir grandes cosas. Dentro de estas grandes cosas hablamos principalmente de un entorno seguro y planificado que toma en cuenta, al menos, las características de susceptibilidad a deslizamiento existentes. A partir de ahí se puede trabajar de forma más profunda en análisis específicos para más problemáticas ambientales y sociales, así como en la formulación de nuevos procesos de participación y conformación de estrategias y soluciones para lograr el llamado desarrollo rural territorial.

Los objetivos se logran eficazmente pues se plantea la primera zonificación territorial basada en la amenaza de deslizamiento para el distrito, la cual, a partir de procesos de diagnóstico socioeconómico, percepción de los actores claves y análisis técnico de metodologías de susceptibilidad de deslizamientos, nos permite estimar una delimitación más adecuada para promover una eventual expansión del distrito de Monterrey de San Carlos de forma planificada y además integrándola a las dinámicas adyacentes al distrito.

Después de haber realizado el respectivo análisis durante la investigación aplicada en el distrito de Monterrey de San Carlos, se puede llegar a las siguientes conclusiones;

- La zonificación rural territorial ante amenaza de deslizamiento muestra que la mayor parte del territorio presenta bajos porcentajes con susceptibilidad alta a deslizamientos, solo el **0,05%** presenta susceptibilidad alta.
- Las actividades agrícolas y ganaderas son las dos principales fuentes de sustento en el distrito, las cuales, junto con el turismo, son la base de la economía de la zona norte de San Carlos.
- Las bellezas escénicas del distrito, se presentarían como una alternativa de desarrollo. Implementación del turismo rural comunitario atraería mayor visitación desde sus distritos vecinos, Venado y La Fortuna.
- El clima es el principal disparador de procesos de deslizamientos en el distrito de Monterrey. Los promedios altos de precipitación anual (4500 mm aproximadamente), altas concentraciones porcentuales de humedad constante y la combinación de zonas de pendientes medias-altas.
- Las características biofísicas permiten el desarrollo de grandes extensiones de agricultura y ganadería, pero al mismo tiempo se presume (según la percepción de actor clave), son propicias a inundaciones y deslizamientos.
- La producción ganadera y agrícola se podría potenciar en términos de generación de ingresos, si los empresarios adoptaran nuevas estrategias de manejo en sus fincas, tales como: mejora en los tipos de pastos, utilización de razas de ganado adecuado según características climáticas y de pendiente, tecnificación de los procesos y capacitación agropecuaria.

- El criterio de clasificación empírica que hicieron los actores clave, está en consonancia con los resultados del método empleado para la susceptibilidad de deslizamientos.
- El método Mora-Vahrson (1992) muestra que las zonas con mayor potencial de sufrir estos eventos se encuentran en la parte suroeste, sur y este, zonas con pendientes pronunciadas que se utilizan en ganadería de leche y cultivos estacionales principalmente.
- Aun cuando las áreas de alta y media susceptibilidad son pocas, las identificadas representan importancia para el poblado de Monterrey, debido a que son áreas donde se encuentran vías de comunicación (en algunos casos únicas entradas y salidas), infraestructuras de sustento familiar, zonas de producción o incluso casas de habitación.
- Las pérdidas económicas, en caso de materializarse un deslizamiento en las zonas susceptibles serían graves para los productores de la zona. Aproximadamente **535 ha** se perderían en las **zonas de pastos** utilizadas para ganadería de leche y carne (traducidas en posibles pérdidas de hasta **¢2 728 500** en la producción de leche diariamente y hasta **¢561 750 000** en la ganadería de carne), Unas **200 ha** en las **zonas de cultivos** de tubérculos, maíz y frijoles (traducidas en una pérdida estimada de **¢180 000 000**) y cerca de **156 ha** en las **áreas boscosas** de valor ecosistémico esencial.
- Se logra identificar la presencia de otro tipo de peligro dentro del área de estudio: la amenaza de inundación por desbordamiento de ríos. Las zonas que se ven afectadas anualmente son las cercanías del poblado de Chambacú y la Orquídea, a causa de los ríos Chambacú, Caño Ciego y otras quebradas importantes. Para futuras investigaciones será importante estudiar a profundidad esta amenaza.
- El distrito se clasifica en las siguientes micro zonas: al norte la **zona de ganadería de carne**, al noreste la zona de **uso mixto** (ganadería de carne y cultivos permanentes), la zona central destinada para el **desarrollo urbano y habitacional**. La **zona de uso mixto** (de actividad ganadera y urbano), como espacio de amortiguamiento. Hacia el sur, la zona de **ganadería de leche** y en el oeste las principales **zonas de cultivos con restricción** debido a las zonas de pendiente y la susceptibilidad a deslizamiento existente.
- El aplicar la zonificación sugerida, resalta la instauración de corredores que conectan áreas de interés eco social, como parte de los usos posibles de los resultados de esta investigación. Se plantea la ruta de interconexión entre las áreas silvestres protegidas aledañas (Paso de los Malekus-medio queso, PN volcán Arenal y Corredor biológico San

Juan- La selva), utilizando las zonas de mayor susceptibilidad a deslizamiento como áreas de protección y los parches de bosque remanentes, formando así un relleno importante en los vacíos de conservación de la zona norte.

- En los procesos de ordenamiento territorial la consulta popular facilita el conocimiento del territorio por parte y genera un diálogo vital para desarrollar una zonificación efectiva.

Limitaciones.

Se presentaron tres limitaciones principales;

- El dificultoso acceso a imágenes satelitales de calidad espacial y espectral, principalmente por las condiciones atmosféricas (bastante nuboso durante gran parte del año) y por la resolución. La utilización de imágenes aéreas no solventa la realización de procesamientos con requerimientos espectrales y radiométricos de alta capacidad.
- La calidad y cantidad de los datos meteorológicos se muestra como otra limitante a la hora de realizar este tipo de estudios en zonas alejadas, donde prácticamente no se han realizado otras investigaciones de este tipo. En este caso, el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) solo contaba con series de datos completos para los años 1990, 2016, 2017. Sin embargo, el diagnóstico biofísico del distrito, la percepción del riesgo mediante la entrevista de actores claves y la metodología Mora & Vahrson (1992) permiten delimitar de forma válida para este estudio académico, las micro zonas de mejor uso del suelo tomando en cuenta la susceptibilidad a deslizamientos identificada.
- Existen muy pocas investigaciones en el área de estudio. Es necesario que se realicen más investigaciones de este tipo en pro de utilizar la información que existe y además generar nueva que potencie el conocimiento de esta zona y al mismo tiempo funcione como herramienta para la planificación y el ordenamiento.

Recomendaciones.

- Se recomienda tomar los resultados de esta investigación como de carácter consultivo para futuros trabajos. No se debe tomar como un resultado oficial ni definitivo que sobrepase las decisiones gubernamentales. Se pretende representar la realidad mediante un posible escenario de susceptibilidad a partir de ciertas características, pero en ningún momento pretende pasar por encima de estudios geotécnicos de laderas, geológicos, entre otros.
- La reactivación del comité distrital de emergencias para tener conocimiento periódico de los problemas que aquejan a las comunidades y de esta forma, buscar soluciones conjuntas con las instituciones presentes.
- Es necesaria la realización de nuevos estudios en materia de gestión de riesgos, ordenamiento territorial y condiciones socioeconómicas dentro del área de Monterrey, como forma de generación de mejor y más detallada información, que funcione como herramienta para los futuros proyectos de planificación municipal.
- El estudio de la amenaza de inundación será un factor importante para tomar en cuenta en futuras investigaciones en el distrito de Monterrey. Si bien en el sector sureste, sur y suroeste se evidenció susceptibilidad a deslizamiento, en el sector norte, las extensas llanuras y la morfología de los cauces fluviales son propicias para el desbordamiento durante la estación lluviosa.
- Para futuras investigaciones se recomienda hacer uso de la información de las características geomorfológicas del área de estudio, debido a que este elemento presenta gran peso a la hora de analizar el comportamiento posible de las áreas susceptibles a deslizamientos y las posibles trayectorias de flujos de lodo-avalanchas que se podrían generar eventualmente.
- Mayor interacción entre ASADAS, Asociaciones de desarrollo comunal, Asociaciones de desarrollo integral y demás, con las instituciones presentes (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Acueductos y Alcantarillados, Ministerio de Ambiente y Energía, Instituto Costarricense de Electricidad, Agroveterinaria Dos Pinos, Municipalidad de San Carlos). Una buena relación e integración de todos estos

sectores, propiciaría mejores oportunidades para el trabajo conjunto y brindaría espacios para capacitación de productores.

- Capacitaciones en manejo y conservación de suelos con los productores por parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería, en las que se les recalque la importancia que tiene la elección de cultivos idóneos, técnicas de arado, productos orgánicos, uso del agua, entre otros, según la zona en que se desarrollará la actividad.
- Capacitaciones en manejo adecuado del ganado, mejora de pastos, implementación de sistema de apartos, bancos de forraje, secado de pastos, semiestabulación por parte de Agroveterinaria Dos Pinos e Instituto Tecnológico de Costa Rica, que son los entes especializados en esta temática con mayor presencia en el área.
- Se recomienda impulsar el turismo rural comunitario, como forma alternativa de generación de empleo y activación de la economía.

La aplicación de este tipo de trabajos, aunque básicos, permite el conocimiento de espacios que han sido prácticamente abandonados por las instituciones del estado y de sus propios gobiernos municipales. La generación de conocimiento, la información a las poblaciones sobre lo que pasa en sus territorios y la puesta en práctica de medidas y herramientas que les permitan desarrollarse de formas adecuadas y seguras, debe ser una de las prioridades principales de todos los entes encargados del bienestar social y de nosotros como investigadores o academia.

Anexos.

1. Guía de Entrevista:

<p style="text-align: center;">Universidad de Costa Rica</p> <p style="text-align: center;">Maestría Profesional en Gestión del Riesgo y Atención de Emergencias</p> <p style="text-align: center;">Percepción del Riesgo ante deslizamientos en Monterrey de San Carlos</p> <p>La información aquí recopilada, se obtuvo bajo el consentimiento de la persona entrevistada. Los datos son privados y se utilizarán únicamente con el fin académico de enriquecer la investigación en curso sobre la gestión del riesgo en el distrito de Monterrey de San Carlos.</p> <p>1. Información Personal:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nombre • Edad • Puesto/empleo • Escolaridad • Lugar de residencia <p>2. Temas a investigar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Hace cuantos años reside en el distrito de Monterrey? • ¿Cómo era _____ (poblado), cuándo usted llegó? • ¿Qué actividades económicas privaban en aquel entonces, ¿Siguen siendo las mismas? ¿Qué cambió? • ¿Qué tan importantes han sido ganadería y la agricultura en el área? • ¿Algún evento(natural/antropogénico) ha generado pérdidas a estas actividades mencionadas o daños a infraestructura? • ¿Recuerda si alguno de los últimos terremotos que afectaron el área provocó daños? • ¿Ha visto deslizamientos o derrumbes cercanos después de estos eventos mencionados? • ¿Qué tan común cree que se den estos deslizamientos en _____ (poblado)? • ¿Conoce áreas donde constantemente ocurren? • ¿Considera que hay lecherías o zonas de cultivo en riesgo de deslizamiento? • ¿Qué tan peligroso diría usted que son los deslizamientos para _____ (poblado)? • ¿En escala de 1 a 10, que número le daría a los deslizamientos en Monterrey, si tomamos en cuenta su incidencia y afectaciones en las actividades y desarrollo rural del distrito? • De presentar alguna importancia para la persona, esta realizará un pequeño croquis, según su percepción, de las zonas con peligro de deslizamiento. <p style="text-align: center;">Muchas gracias por su tiempo.</p>

2. Croquis entrevistas:



3. Datos climáticos parámetro de humedad del suelo (S_h):

Mes	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20	Día 21	Día 22	Día 23	Día 24	Día 25	Día 26	Día 27	Día 28	Día 29	Día 30	Día 31
1	10.4	1.4	7	9.6	58.4	11.4	6.4	0.2	0	0	0	0	0	0	0.6	0	2	0.8	12.6	9	30	0.2	5.6	4.6	35.2	10.2	1	0.2	1.4	4.6	4.6
2	0.8	0	0	0	8.2	0.2	0	7	30.6	17.2	54.2	26.4	2.2	2.4	2.8	1.6	4.2	15.6	40.4	1	0.2	0	0	0	0	22	5.2	11.8	0.2	0	0
3	0.4	1.6	4.6	1	0	0.2	0	0	0	0	11.2	39.2	2.2	0	0	0	0.2	0.8	4.6	0	0	8.6	4.6	5	0	1.2	2.4	1	0.6	0	0
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	1	0	0.2	0	0	0	0	0	0	12	1.3	1	0.2	0.6	0	2	0
5	2.2	0	0	0	0.2	0.8	4.6	0	0	8.6	4.6	5	0	1.2	19.4	15.6	7.6	11.2	26.2	0.6	9	14.4	11.6	2.6	0	11.2	13.4	4.2	0.2	8.4	8
6	22	0	27.6	19.2	23	44	0.2	32.6	10.6	14.6	7.2	1.8	6.4	25.2	3	7	0.8	9	7.6	34	67.4	8.6	39.4	9.2	29.6	7.4	2.4	3.4	1	9.4	0
7	9.2	47.2	0.2	5.4	0.4	17	50.4	7.4	9.4	14.8	17.4	73	0.4	3.2	2.2	1	1	15.6	15	1.2	0	15.6	26.2	0.2	0	6.4	5.4	0.4	6.6	29.6	2.2
8	1.4	0.4	32.4	83.4	0.2	3.6	3	18.6	14.6	4.2	10.2	19.2	2.4	1.8	0	1	1.8	15.4	3.6	1.4	12.2	15.4	6.4	0	0	0	0.8	9.2	0.2	6	0
9	6	9.2	8.8	1.4	19.8	10	19	0.2	10	2.2	1.6	8.4	33.6	0.4	16.6	15.6	21	23.4	0.6	6.2	93.4	4	1	3.8	14	31.6	10	4.8	0.2	5.4	0
10	0.2	0	0	49.8	2.2	11	34.6	16.4	41.2	2.4	8.6	38.2	15.8	72.6	4.6	1.8	17.8	0	0.2	16.6	55.4	14.4	40.2	12.8	23.6	2.6	0.4	0	0	7	1
11	8.4	2.6	2.8	16.4	4.8	3	0	0	0	21.2	21.8	42.2	8	2.6	14.8	0.2	4	40	11.8	1	1.8	18.8	51	2.4	6.8	33.8	14.6	4.6	21	0	0
12	3.4	0	28.6	55.8	0	0.4	0	47	24	24	22.4	22.6	19.6	9.2	17.8	43.4	4.4	2.2	10.8	56.4	41	4.4	3.4	1	42.6	21.8	26.8	2.2	0	15.6	25.8

Mes	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20	Día 21	Día 22	Día 23	Día 24	Día 25	Día 26	Día 27	Día 28	Día 29	Día 30	Día 31
1	0	0.8	1	1	10.6	15.4	0.6	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0.2	0	0.8	9	0	0	0.2	1.8	4.8	0	0	0.2	0	0.2
2	0.8	0	0	0	11.8	0.2	11.6	6.4	3.2	0.2	5.4	0	8.6	4.6	1.2	0.6	0	0.2	4.2	0.6	0.2	0	0	0	0	6.8	0.4	8.2	0.4	0	0
3	0.2	0.8	0.2	0.2	0	0	0	0	0	0	0.4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0.2	0.4	0	0.4	0.2	0
4	0	0	0	3.2	5.8	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0.4	0
5	0	0	58.8	6.8	83.4	0.6	0.2	0	0	0	0	0	0.2	8	8.2	20.4	0.4	6	14.2	7.2	14.4	2	2.6	0	0	3.2	0.2	2.4	0.2	0.8	1.6
6	1.8	9.2	84	17.4	9.4	0.2	0	65	0.6	2	5	6	29.8	17.4	3.2	0.2	68.8	10.8	7.8	28.8	24.2	0.8	9.4	16.8	37.4	19.4	2.6	7.2	5	38.2	0
7	20.2	17	0.2	1.6	0	0.6	47	10.6	13.8	51.4	60.6	5.2	8.6	0.4	4.6	3.8	5.6	15.2	26.4	30	0	5	7	0.6	0.6	6.4	14.4	0.2	20	21	1
8	0.2	0.4	5.6	47.2	0.2	0	8	0.8	15.8	8.8	7.2	0	0	11.8	0.2	0	23.8	35	0.2	5.6	10.8	9.6	2	0	2.6	16.4	1.6	35.8	0.2	70	8.8
9	0.4	5.8	0.8	8	9	13.2	9.6	0.2	1.4	28.8	0.2	13.2	15.2	14.6	25	0.2	3.4	6.2	2.2	60	2	0.4	42.6	5.4	0.2	0	0	0	0	4.8	0
10	4.4	0.2	0	8	0	4.2	22.8	4.6	28.6	6.2	20	10.8	7.4	7.2	3.8	17.4	53	1.2	1.8	0.2	5.2	3.4	13.4	0.2	3.6	0.4	0	0	28.6	4.8	0.6
11	1.8	1.4	2.4	6.2	45.4	1.6	0	0	0.2	5.4	30.8	3.2	6.8	0.2	0.2	15.2	0.2	15.2	25.8	7.6	0.4	0.4	2.2	10.8	39	41.6	15.4	3.8	2.8	17.4	0
12	0.4	0	0	18.4	6.2	0.2	0	26	27.4	36	20.2	28.4	9.4	30	3	28.8	29.4	3.2	12.6	61.8	49.2	15.4	4.4	0.4	24.4	10.4	18.4	14.2	10	12	13.4

Mes	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20	Día 21	Día 22	Día 23	Día 24	Día 25	Día 26	Día 27	Día 28	Día 29	Día 30	Día 31	
1	0.2	1.5	2.3	2.5	15	16.4	0.6	0	0	0	0	0.3	4.6	0.2	0.6	0.5	0.3	0.2	0.5	0.8	9.8	0	0	0.2	2.2	6.4	0.6	0.7	0.8	0.6	0.5	
2	0.8	0	0	0	13.4	1.5	14.5	6.4	3.2	0.2	5.4	0.5	8.6	5.1	1.8	0.9	0.4	0.2	6.4	1.4	0.2	0	0	0	0	8.2	2	9.5	2.3	0	0	
3	1.9	2.5	2.7	1.6	0	0	0	0	0	0	4.2	5.4	6.5	0	0	0	0.7	0.2	0	0.6	0.4	0	0	2.5	0.4	0.2	5.2	3.5	2	2.6	2.4	0
4	0	0	0	4.5	7.6	0	0	0	0	0	1.2	0	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0	0	0.4	0	
5	0	0	58.8	7.6	83.4	0.6	0.2	0	0	0	0	0	0.2	9.4	8.2	22	0.4	6	16.5	7.2	14.4	3.5	2.6	0	0	3.8	0.2	3.7	0.2	0.8	1.6	
6	1.8	9.2	57.3	17.4	9.4	0.2	0	52.8	0.6	2	5	6	23	17.4	3.2	0.2	52.1	10.8	7.8	22	20.3	0.8	9.4	13.4	24.7	15.6	2.6	7.2	5	38.2	0	
7	18	15.7	0.2	1.6	0	0.6	40.2	10.6	13.8	35.6	45.6	5.2	8.6	0.4	4.6	3.8	5.6	15.2	23	30	0	5	7	0.6	0.6	6.4	14.4	0.2	20	21	1	
8	1.4	0.4	32.4	83.4	0.2	4.2	3.6	19.2	14.6	11.3	10.2	21.3	2.4	1.8	0	1	1.8	21.5	15.6	1.4	14.5	19.6	6.4	0	0	0	0.8	9.2	0.2	7.9	0	
9	6	9.2	8.8	1.4	19.8	10	19	0.2	10	2.2	1.6	8.4	33.6	0.4	16.6	15.6	21	23.4	0.6	6.2	85.6	4	1	3.8	14	31.6	10	4.8	0.2	6.7	0	
10	0.2	0	0	14.3	2.2	11	23.5	16.4	23.4	2.4	8.6	20.2	15.8	20.1	4.6	1.8	17.8	0	0.2	16.6	22.3	14.4	22.5	12.8	20.1	2.6	0.4	0	0	7	1	
11	8.4	2.6	2.8	16.4	4.8	3	0	0	0	21.2	21.8	42.2	8	2.6	14.8	0.2	4	40	11.8	1	1.8	18.8	61	2.4	15.6	45.6	14.6	4.6	21	0	0	
12	3.4	0	28.6	38.9	0	0.4	0	47	24	24	22.4	22.6	19.6	9.2	17.8	40	4.4	2.2	10.8	30.5	21	4.4	3.4	1.4	23.5	21.8	22	2.2	0	15.6	25.8	

Suma	Valor	ACUM	HUM	ALTO
✓ 227,4	1	18	4	
✓ 254,2	2			
✓ 89,4	0			
✓ 8,7	0			
✓ 190,8	1			
✓ 473,6	2			
✓ 384	2			
✓ 268,8	2			
✓ 382,2	2			
✓ 491,4	2			
✓ 360,4	2			
✓ 576,6	2			

Suma	Valor	ACUM	HUM	ALTO
✓ 49,6	0	16	4	
✓ 75,6	0			
✓ 5,8	0			
✓ 11,8	0			
✓ 241,8	2			
✓ 528,4	2			
✓ 399	2			
✓ 328,6	2			
✓ 272,8	2			
✓ 262	2			
✓ 400,6	2			
✓ 513,6	2			

Suma	Valor	ACUM	HUM	ALTO
✓ 68,3	0	16	4	
✓ 92,9	0			
✓ 46,5	0			
✓ 14,9	0			
✓ 251,3	2			
✓ 435,4	2			
✓ 354,5	2			
✓ 306,3	2			
✓ 375,7	2			
✓ 302,2	2			
✓ 391	2			
✓ 486,9	2			

Precipitacion promedio	Valor asignado (mm/mes)
< 125	0
125 - 250	1
> 250	2

Valor acumulado	Calificativo	Valor parámetro HUM
0-4	Muy bajo	1
5-9	Bajo	2
10-14	Medio	3
15-19	Alto	4
20-24	Muy alto	5

[illegible]

Lluvias máximas n < 10 años promedio (mm)	Calificativo	Valor parámetro (S)
< 50	Muy bajo	1
50- 90	Bajo	2
91-130	Medio	3
131- 175	Alto	4
> 175	Muy alto	5

Referencias

Acosta, V. (2005). El riesgo como construcción social y la construcción social de riesgos. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social-Distrito Federal, México. Ciudad de Mexico: Tomado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-92742005000300002&script=sci_arttext. p.21.

Agencia Internacional de Cooperación Alemana, G. (2007). Proyecto MARLAH II. Guía para la gestión local del riesgo por deslizamientos. San Salvador, El Salvador.

Ander-Egg, E. (1987). Técnicas de investigación social. 21a. ed. México. Capítulo 10, pag 18.

Andrade, B., Arenas, F., Lagos, M. (2010). Incorporación de criterios de fragilidad ambiental y riesgo en la planificación territorial de la costa de Chile central. Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile.

ASSIS (2008) Análisis en situación integral en salud regional región Huetar norte.

Aubel, J. (1993). Guidelines for studies using the group interview technique, OIT, Ginebra, Suiza

Ayala, I. (1999). Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. Department of Civil and Environmental Engineering, Room 1-330, Massachusetts Institute of Technology, 77 Massachusetts Avenue, Cambridge, Massachusetts, 02139-4307, EUA.

Barahona, D., Mendéz, J., & Sjöbohm, L. (2013). Análisis de la susceptibilidad a deslizamientos en el distrito de Tres Equis: una base para la gestión del riesgo y ordenamiento territorial, Turrialba, Costa Rica. Tesis para optar al grado de Licenciatura en Geología. Turrialba, Costa Rica.

Barrantes, G., Barrantes, O., y Núñez, O. (2011). Efectividad de la metodología Mora-Vahson modificada en el caso de los deslizamientos provocados por el terremoto de Cinchona, Costa Rica. Revista Geográfica de America Central No. 47. pp 141-162.

BCIE. (2015). Banco Centroamericano de Integración Económica. Evaluación de Estrategia Institucional BCIE (2015-2030).

Bellido, M., Escribano, M.M., Mesías, F.J., Rodríguez de Ledesma, A. & Pulido, F. 2001. Sistemas extensivos de producción animal. Archivos de Zootecnia 50: 465–489.

Caballero, J. (2007). La percepción de los desastres: algunos elementos desde la cultura. Revista Gestión y Ambiente Volumen 10 No. 2. p.16. Agosto de 2007. Medellín, Colombia.

Camacho, J. (2015). Caracterización Geofísica y Neotectónica de la falla Cote, Costa Rica. Tesis de Licenciatura de la Facultad de Geología.

CIA-IICA. (2015). Centro de Investigaciones Agronómicas- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Geoportal de suelos de Costa Rica. Universidad de Costa Rica, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.

Clark, H. (2012). La importancia de reducir el riesgo de desastres para fortalecer las naciones. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. p.125. <http://www.undp.org/content/undp/es/home/ourperspective/ourperspectivearticles/2012/08/15/building-resilience-the-importance-of-disaster-risk-reduction.html>.

DGM. (2018). Dirección de Geología y Minas. Comunicación escrita. Geología de la Hoja Monterrey, San Carlos, Costa Rica. Trabajo en confección sin publicar.

Domínguez, S., Velásquez, S., Jiménez, F., Faustino, J. (2008). Zonificación ambiental para el Ordenamiento territorial de la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes, Nicaragua. Recursos naturales y Ambiente/ no. 55.

Escobar, J., y Jiménez, F. (2010). Grupos focales: una guía conceptual y metodológica. Cuadernos hispanoamericanos de psicología, vol. 9 no. 1, 51-67.

Flores, L. (1994). La tecnología en el contexto de la cultura latinoamericana. Instituto Interamericano de Estudios Transnacionales (ILET). Santiago. Chile.

García, E. (2004), Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, Serie Libros, núm. 6, Instituto de Geografía, UNAM, México.

García, F., y Soria, J. (2014). Los corredores ecológicos y su importancia ambiental: Propuestas de actuación para fomentar la permeabilidad y conectividad aplicadas al entorno del río Cardeña (Ávila y Segovia). Observatorio Medioambiental, España.

Gómez, D. (1994). Ordenación del territorio. Una aproximación desde el medio físico. Serie Ingeniería Geoambiental. Ed. Agrícola Española S.A. Madrid. España

González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., Oteo, C. (2002). Ingeniería Geológica. Pearson Educación, p. 49. Madrid, España.

Hass, C. (1995). Dispersal and use of corridors by birds in wooded patches on an agricultural landscape. Conservation Biology 9 (4), 845-854.

IMN. (2014). Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica: <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/20909/Clima+y+producci%C3%B3n+ganadera>. p. 12.

IMN. (2017). Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica. Datos climáticos de las estaciones Santa Rosa de Pocosol, San Jorge de los Chiles y ADIFORT de San Carlos. 1990-2017.

Inder. (2016). Instituto de Desarrollo Rural. Moravia, San José: https://www.inder.go.cr/territorios_inder.

INEC. (2014). Instituto Costarricense de Estadística y Censos. Censo Agropecuario para Costa Rica. 2014. Datos Oficiales. <http://www.inec.go.cr/censos/censo-agropecuario-2014>.

INEC. (2018). Instituto Costarricense de Estadística y Censos. Proyecciones poblacionales para Costa Rica por cantón, distrito y sexo, hacia el año 2025. 2018. Datos Oficiales. [Http: inec.go.cr](http://inec.go.cr).

Ley Orgánica del Ambiente. (1995). Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. Ley No. 7554

MAG-MIRENEM. (1988). Metodología Determinación Capacidad Uso Tierras Costa Rica. República de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Marcano, A., & Cartaya, S. (2010). La Gestión de Riesgos de Desastres y el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG): Algunas consideraciones. Revista Universitaria Arbitrada de Investigación y Diálogo Académico, Vol. 6, No. 3, 2010

MARLAH II. (2007). Guía para la gestión local de riesgo por Deslizamientos. GTZ, cooperación técnica alemana.

Marskey, A. (1993). Los desastres no son Naturales. Red de Estudios Sociales en Prevención.

Mora, S. (1987). Análisis preliminar de la amenaza y vulnerabilidad potencial generada por el río Reventado y el deslizamiento de San Blas, Cartago, Costa Rica. Revista Tecnología en marcha. Volumen 9 No. 1. Cartago, Costa Rica.

Mora, S., & Morales, L. (1986). Los sismos como fuente generadora de deslizamientos y su influencia sobre las estructuras y líneas vitales de Costa Rica. San José, Costa Rica. Tomado de http://www.crid.or.cr/crid/CD_CNE/pdf/spa/doc337/doc337-contenido.pdf

Mora, S., & Saborío, J. (2018). Análisis regional de las amenazas de la inestabilidad de laderas y de la licuefacción sísmica de suelos, Costa Rica. Laboratorio de Ecología Urbana. Universidad Estatal a Distancia (UNED).

Mora, S., & Vahrson, W. (1992). Determinación a priori de la amenaza de deslizamiento sobre grandes áreas, utilizando indicadores morfodinámicos. En memoria sobre el primer simposio. Bogotá, Colombia. pp 259-273.

Mora, S. & Vahrson, W. (1993). Determinación “a priori” de la amenaza de deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicos. En: Tecnología ICE N° 1, Vol. 3. p. 32.

Obando, L. (1985). Estratigrafía de la Formación Venado y rocas sobreyacentes (Mioceno-reciente) Alajuela, Costa Rica. *Revista Geológica de America Central*. p. 73-104.

Ortega, R., y Rodriguez, I. (2000). *Manual de Gestión del Medioambiente*. Cuarta edición, MAPFRE.

PDTC. (2014-2014). Plan de Desarrollo Cantonal de San Carlos. Municipalidad de San Carlos. Pdf, pag, 41-43.

PEDRT. (2016). Política Nacional de Desarrollo Rural Territorial. Conversemos sobre la Política de Estado para el Desarrollo Rural Territorial. p. 4. San José, Costa Rica.

Periodico San Carlos Digital. (2018). San Carlos produce 700 mil litros de leche por día, la mitad del país. Recuperado de <https://sancarlosdigital.com/san-carlos-produce-700-millones-de-litros-de-leche-por-dia-la-mitad-del-pais/> el día 26 de agosto del 2019.

PDTM. (2014-2024). Plan de Desarrollo Distrital de Monterrey de San Carlos. Municipalidad de San Carlos.pdf. Pag, 15-22.

PNOT. (2012-2040). Política Nacional de Ordenamiento Territorial. p. 5-7. Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos. San José, Costa Rica.

Peraldo, G. (2000). *La reducción del proceso del desastre*. Cartago: Editorial Tecnológica.

Peraldo, G. (2005). La Percepción como herramienta del análisis geográfico para el ordenamiento territorial y la gestión del riesgo. CNE. Enlace de Esfuerzos. p. 5. Boletín informativo 2005.

Peraldo, G., Badilla, E., Camacho, J., Morera, M., Chavez, I., Valverde, W., y otros. (2012). Deslizamientos complejos que afectan a la población de San Antonio de Pascua, Siquirres, Costa Rica. p. 25. *Letras verdes. Revista del Programa de estudios socio-ambientales FLACSO. Ecuador*. No. 11.

Peraldo, G., Mora, M. (2017). *Experiencias en percepción del riesgo*. Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica, Apdo. 214-2060, San Pedro, Costa Rica.

Picado, P. (2011). Técnicas para medir riesgos de deslizamientos. *Revista de Ciencia y Tecnología de la Universidad de Costa Rica*. San José, Costa Rica: Revista Crisol/Oficina de Divulgación e Información, Universidad de Costa Rica.--No. 25-2011- . San José, C.R.: Impreso en Litografía e Imprenta.

Quintero, B & Cardozo, R. (2006). Zonificación agrícola como una herramienta básica para el ordenamiento ambiental de un territorio (en línea). Consultado 12-07-2008. <http://www.docentes.unal.edu.co/qarquinterob>.

- Reyes, J. (2012). Determinación del riesgo de desastres en el cantón de Santo Domingo de Heredia mediante la aplicación de sistemas de información Geográfica. p. 32. Tesis para optar al grado de Máster en Geografía. San José, Costa Rica.
- RSN. (2009). Red Sismológica Nacional UCR-ICE. Boletín de sismos sentidos del mes de Enero, 2009
- RSN. (2012). Red Sismológica Nacional UCR-ICE. Boletín de sismos sentidos del mes de Septiembre, 2012.
- RSN. (1991). Red Sismológica Nacional UCR-ICE. Boletín de sismos sentidos y actividad volcánica de Costa Rica, Marzo de 1991.
- Rodríguez, G. (2010). Diagnóstico situacional del Cantón de San Carlos. Facultad de Ciencias Sociales. Escuela de Planificación económica y promoción Social. Universidad Nacional.
- Rojas, M. (2019). Mapa Geológico de la hoja Monterrey. (3247-1). Escala 1:50 000. Dirección de Geología y Minas (MINAE). San José, Costa Rica.
- Sánchez, G. (2002). Desarrollo y medio ambiente: una mirada a Colombia. Bogotá, Colombia: Economía y Desarrollo - Marzo 2002, vol. 1, N° 1.
- Servicio Geológico de México, S. (2011). Atlas de Riesgos del Estado de Tamaulipas. p. 14. México. Tamaulipas
- Suárez, A., Peraldo, G., Badilla, E., & Obando, L. (2009). Zonificación Geomorfológica para la evaluación de la susceptibilidad a los deslizamientos en la cuenca del río Viejo, Puriscal, Costa Rica. Puriscal: Revista Geológica de América Central, 41: 55-69, 2009.
- Suárez, J. (1998). Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. Publicaciones UIS. Bucaramanga, Colombia.
- Suárez, M. (2009). Zonificación de la susceptibilidad a deslizamientos integrando un enfoque social, en la cuenca del río Viejo, Puriscal. Tesis para optar al grado de maestría. San José, Costa Rica: Escuela de Geología-SEP-UCR, 2010.
- García, J., Martínez, R., Catalá, L. (2012). Técnicas de Investigación social para Trabajo Social. La entrevista. Departamento de Sociología. Universidad de Alicante.
- Vallejo, A., & Vélez, J. (2009). La percepción del riesgo en los procesos de urbanización del territorio. Revista Letras Verdes. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales FLACSO. Quito, Ecuador: <http://revistas.flacsoandes.edu.ec/index.php/letrasverdes/article/view/833>.
- Wolf, R. (2011). La percepción del Riesgo y su definición. p. 24. Michigan Technological University. Michigan: PASI 2011 Open Vent Volcano Hazards Workshop.

Yamin, L., Ghesquiere, F., Cardona, O., & Ordaz, M. (2013). Modelación probabilística para la gestión del riesgo de desastre. Bogotá, Colombia: Universidad de Los Andes.